

ÉCOLE DES SCIENCES DE LA GESTION
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

L'ÉMERGENCE DES CONNAISSANCES DANS LE SECTEUR
QUÉBÉCOIS DE L'AÉRONAUTIQUE:
UNE ÉTUDE DE L'INNOVATION CONDUITE PAR
LE CONCEPT D'AVION VERT

THÈSE PRÉSENTÉE
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DU DOCTORAT CONJOINT
EN ADMINISTRATION

PAR
GUILLAUME BLUM

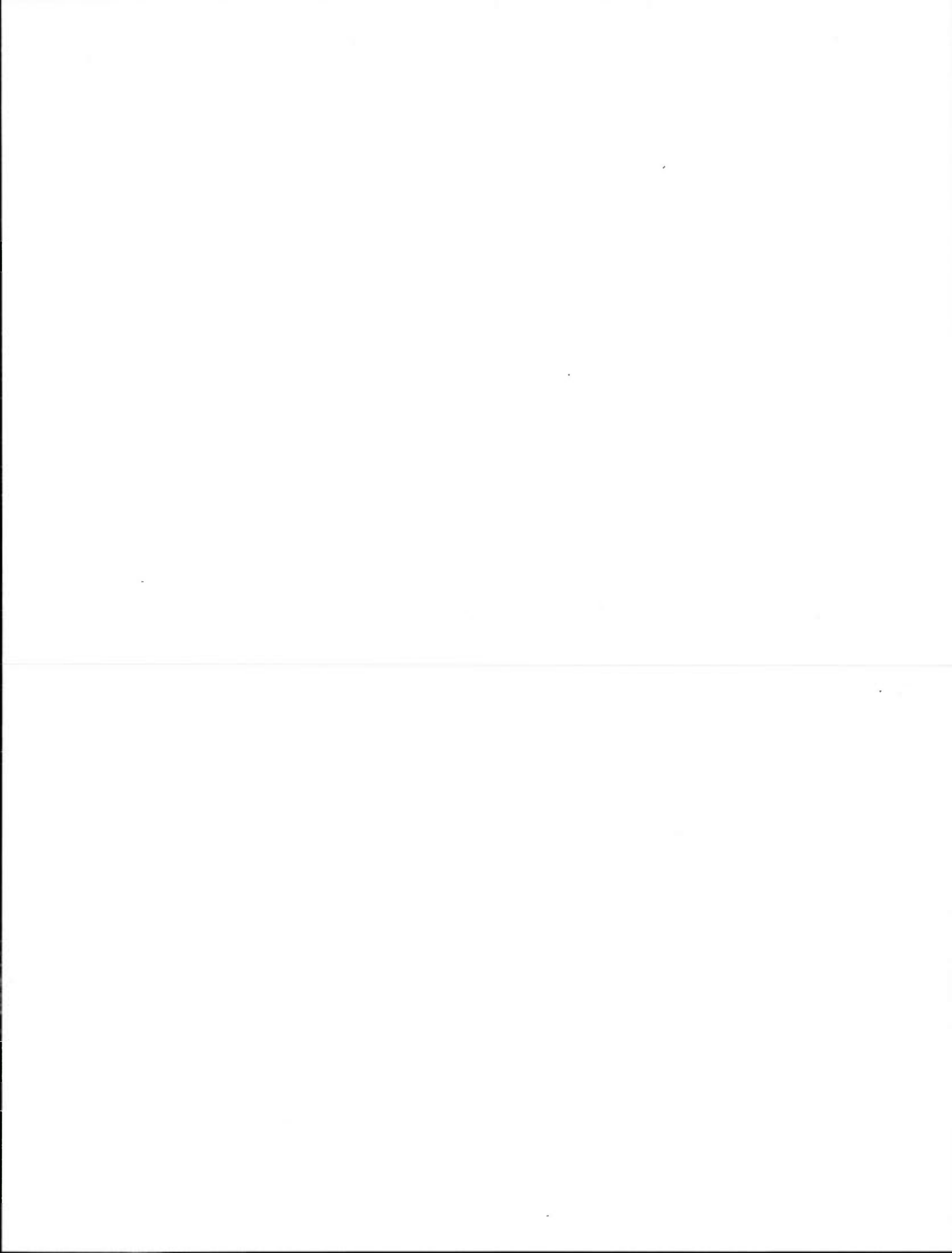
JANVIER 2014

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

À mes parents,
À Mathilde,



REMERCIEMENTS

Une thèse est le travail d'une personne — qu'on qualifiera d'apprenti artisan-chercheur — sur plusieurs années. Plus, même, c'est une œuvre. Il est indiscutable que le mérite lui en revient. Toutefois, s'arrêter là est insuffisant, voire erroné. Car l'artisan-chercheur en devenir s'inscrit dans un écosystème favorisant sa recherche. Au niveau théorique, en s'appuyant sur les travaux d'autres chercheurs. Pour reprendre la métaphore de Bernard de Chartres, écrire une thèse, c'est réaliser que l'on est un nain sur les épaules de géants.

Mais cet écosystème favorisant la recherche intègre également — et très certainement même avant — des considérations pratiques dans le quotidien de la personne. Si le taux d'abandon aux programmes de doctorat est si élevé, c'est peut-être et avant tout causé par une absence d'équilibre au sein de cet écosystème. Celui-ci intègre tout un ensemble de personnes dans différentes sphères : sphère universitaire (directeur de recherche, direction de programme, registrariat, système de financement, etc.), sphère professionnelle (collègue de recherche, professionnels du secteur aéronautique), sphère amicale, sphère familiale. Dans les conditions théoriques et idéales, toutes ces sphères soutiennent le chercheur pour progresser. Évidemment, le monde réel n'est ni idéal, ni théorique. Certaines personnes ont contribué plus que d'autres, et cette section vise à les en remercier.

Mes premiers remerciements vont à M. Mehran Ebrahimi, directeur de thèse, pour son soutien dans cet effort, cet apprentissage de la recherche, et sa direction. Celle-ci m'a permis d'élaborer, au fur et à mesure de mes travaux, une pensée critique et originale, mais surtout libre. Libre d'approfondir là où cela était nécessaire, libre de tourner et retourner les sentiers théoriques et questionnements liés au terrain, libre de trouver ma propre voie. Cette liberté allait de pair, à chaque fois que j'en avais besoin, avec l'aide fournie pour retrouver mon propre chemin lorsque je m'en étais trop éloigné. *Mehran, plusieurs fois, tu as contribué grandement à cette recherche par ton soutien et par tes contributions riches de sens et de raison.*

Je tiens également à remercier M. Laurent Simon, et Mme Anne-Laure Saives qui ont accepté de suivre mon cheminement doctoral, et m'ont grandement aidé à travers leurs questions, leurs remarques, leurs appuis ou leurs critiques à affiner ma pensée. Je tiens également à remercier MM. David Holford et Jean-Michel Saussois de me faire l'honneur d'être sur mon comité, et qui m'ont accompagné directement ou indirectement à travers leurs travaux.

Ce ne sont pas pour autant les seuls professeurs à m'avoir soutenu et aidé au cours de ces années de travail et de recherche, me permettant de mieux connaître le monde de l'enseignement et de la recherche universitaire. Aussi, je tiens à remercier Mmes et MM. Yves-Marie Abraham, Omar Aktouf, Renée Bédard, Alain Chanlat, Patrick Cohendet, Richard Déry, Jean-Pierre Dupuis, Élie Elia, Serghei Floricel, Olivier Germain, Ann Langley, Jorge Niosi, Serge Proulx, Viviane Sergi, Majlinda Zhegu pour m'avoir guidé dans le monde de l'enseignement et de la recherche. C'est aussi un peu de vous que l'on retrouve dans cette thèse.

Je remercie — évidemment! — les professionnels du secteur aéronautique, qui ont accepté de participer à cette étude. C'est un merci tout particulier, car sans vous, *rien n'aurait été possible*. Vous, architectes et artisans de l'industrie aéronautique québécoise qui, malgré vos engagements professionnels importants, avez pris le temps de participer à cette recherche, de parler librement, et y avez montré un intérêt certain. J'aurais aimé pouvoir vous remercier nommément pour cette générosité dont vous avez fait preuve. Malheureusement, je ne peux que vous remercier de manière anonyme, étant donné les contraintes de confidentialité qui m'engagent. Sachez que je vous suis reconnaissant.

Je remercie les étudiants ou anciens étudiants, collègues ou amis qui m'ont aidé d'une façon ou d'une autre, lors de relectures, de discussions ou de contributions variées, à l'émergence de cette thèse sur le thème de l'aéronautique : Mmes et MM. Nisha Coleman, Richard Edgar, Alexandre Fakhreddine, Matthieu Fournier, Raymond Laliberté, Yvan Lauzon, Guillaume Latzko-Toth, Sarra Mamoghli, Quentin Delavictoire, Stéphane Couture, Anne Goldenberg. Et tout particulièrement mes collègues et amis, étudiants ou anciens étudiants de doctorat en administration pour les discussions, commentaires et échanges nombreux que ce soit autour

d'un bureau ou d'un café, dans le sofa d'un salon ou tout autre lieu improbable, et qui furent propices à l'élaboration d'idées que l'on retrouve en partie dans cette recherche : Mmes et MM. Nizar Chaari, Anna Glaser, Chiraz Guedda, Kerstin Kuyken, Philippe Marchildon, Wejdi Yahyaoui .

Il y a également les personnes qui contribuent à ce qu'une recherche doctorale se passe bien par leurs actions administratives. Aussi, je souhaite aussi remercier les différents directeurs du programme de doctorat : Mme Lise Préfontaine, M. Komlan Sedzro et M. Guy Cucumel, ainsi que les agent-e-s de gestion des études : Mmes et MM. Marie-Hélène Trépanier, Martin Hutchisson, Bao Chen Wu, Julie Beaulieu et Lucie Fortin ainsi que Mme Marie-Ève Lépine, coordinatrice et Mmes Karine Mainard et Johanne Deveaux du Vice-Décanat à la Recherche.

Je n'aurais jamais eu l'occasion de réaliser cette recherche, ni m'investir dans le monde académique comme je l'ai fait, si je n'avais pas eu le soutien financier du conseil de recherches en sciences humaines du Canada (CRSH) et du fonds de recherche Société et culture (FQRSC) à travers leurs programmes de bourse de doctorat en recherche. J'en remercie ces deux organismes, ainsi que le programme de fonds à l'accessibilité et à la réussite des études (FARE) et la Fondation de l'UQAM pour les différentes bourses liées à cette recherche que j'ai pu obtenir.

Parmi toutes les autres personnes qui m'ont soutenu durant cette épreuve, je tiens tout spécialement à remercier mes parents Ariane et Francis et mon frère Stéphane pour leur appui, leur support, leur relecture et leur relative discrétion sur la fameuse question qui terrorise tout étudiant de doctorat : *alors, tu déposes bientôt ?*

Enfin, je tiens tout particulièrement à remercier celle qui partage ma vie, Mathilde, pour avoir su m'aider à passer à travers cette épreuve qu'est la réalisation d'une thèse, pour avoir su pendant les moments de peine, de frustration et de souffrance me rappeler ceux du plaisir de la découverte ainsi que les raisons de mon engagement, pour avoir fluidifié par son aide quotidienne l'écriture et la réflexion. *Merci de m'avoir supporté dans tous les sens du terme :*

*en me tolérant, en résistant, en jugeant sans gravité, en me servant et me donnant ton appui
et finalement en me servant de fondement.*

TABLE DES MATIERES

Table des matières	ix
Table des figures	xvii
Table des tableaux	xxii
Table des encadrés	xxiii
Résumé	xxv
Summary	xxvi
INTRODUCTION	1
Collaboration	2
Innovation ouverte	2
Avion vert	3
Innovation verte	4
Questions de recherche	4
Plan de la thèse	6
PARTIE I	
REVUE DE LITTERATURE ET CADRE D'ANALYSE	9
CHAPITRE 1	
CONTEXTE GENERAL : UN SYSTEME ECONOMIQUE EN CHANGEMENT	11
1.1 Un système économique en crise théorique	12
1.1.1 Définition du système économique	12
1.1.2 Un déphasage entre le système économique et la théorie économique qui le régit	13
1.2 Une économie basée sur le savoir	23
1.2.1 L'économie du savoir	24
1.2.2 Le savoir dans l'économie	27
1.2.3 Le capitalisme cognitif & mondialisation	29
1.2.3.1 La mondialisation : retour historique sur le concept	30
1.2.3.2 Caractérisation de la mondialisation	33

1.3 Développement durable : vers une économie verte?	37
1.3.1 Une économie contre nature	39
1.3.2 Conception de la nature à travers la pensée économique	40
1.3.3 Lutttes entre économie et nature	42
1.3.4 Redéfinir une économie verte	44
Conclusion du chapitre	49

CHAPITRE 2

LA GESTION DES CONNAISSANCES: UNE AFFAIRE D'HOMMES ET DE COMMUNAUTES	53
2.1 Ce qu'est la connaissance	54
2.2 Deux conceptions de la gestion des connaissances	60
2.2.1 L'organisation experte, domaine de la technologie	61
2.2.2 L'apprentissage organisationnel comme base de l'organisation d'expert	62
2.3 Trois niveaux d'analyse	65
2.3.1 L'être humain : le véritable porteur de connaissances	66
2.3.1.1 L'individu qui sait	66
2.3.1.2 L'individu qui apprend	68
2.3.1.3 L'individu qui crée	71
2.3.2 Le groupe, ou regroupement d'individus	72
2.3.2.1 L'agencement des connaissances : le rôle des communautés de savoir	72
2.3.2.2 La gestion de projet	80
2.3.2.3 Frontières entre individus et communautés de savoir	82
2.3.3 L'organisation	90
Conclusion du chapitre	94

CHAPITRE 3

LE SYSTEME DE R&D ET LE NIVEAU INTER-ORGANISATIONNEL	97
3.1 Perspectives mettant l'emphase sur la forme	101
3.1.1 Réseaux, alliances et partenariats	101
3.1.2 L'analyse des réseaux inter-organisationnels par les réseaux sociaux	107
3.2 Perspectives mettant l'emphase sur le contenu	111

3.3	Forme et contenu combinés.....	112
3.4	Des réseaux inter-organisationnels de R&D.....	114
3.4.1	Le système de R&D.....	114
3.4.2	Deux chemins: l'éco-innovation et l'innovation ouverte.....	116
3.4.2.1	L'innovation - définition.....	117
3.4.2.2	Typologies de l'innovation.....	119
3.4.3	Recherche et développement dans un contexte ouvert: la R&D inter-organisationnelle.....	129
	Conclusion du chapitre.....	135
CHAPITRE 4		
	LE SECTEUR AERONAUTIQUE : HISTORIQUE ET DESCRIPTION.....	137
4.1	Une brève histoire de l'aéronautique à travers le prisme de l'innovation.....	138
4.1.1	La première phase d'émergence (1900-1945) - L'avion fiable.....	140
4.1.2	La deuxième phase de croissance (1945-1975) - L'avion puissant.....	142
4.1.3	La troisième phase : maturité, restructuration et globalisation de l'industrie (1975 à aujourd'hui) - L'avion moins cher.....	145
4.1.4	Vers une quatrième phase centrée sur avion vert ?.....	149
4.1.4.1	Pourquoi une aviation verte ?.....	152
4.1.4.2	Une intervention des multiples acteurs.....	154
4.2	La grappe aéronautique québécoise.....	156
4.2.1	Description économique.....	156
4.2.2	Description géographique.....	161
4.2.3	Description collaborative.....	163
4.2.4	R&D et Innovation dans l'aéronautique au Québec.....	165
	Conclusion du chapitre.....	170
CONCLUSION DE LA PARTIE I		
	PROBLEMATIQUE ET CADRE D'ANALYSE.....	171

PARTIE II	
CHAPITRE 5 - METHODE	181
5.1 Considérations épistémologiques et approche de la recherche	182
5.2 Description de la méthode	187
5.2.1 La méthode retenue : une stratégie d'accès au réel	187
5.2.2 Une recherche qualitative	190
5.2.2.1 Entrevues semi-dirigées	192
5.2.2.2 Analyse de documents	194
5.2.3 Résultats et analyse: La théorisation ancrée	195
5.2.4 Critères de qualité	196
5.2.5 Considérations éthiques	197
5.3 Données agrégées sur les acteurs interrogés	199
 PARTIE III	
RESULTATS ET ANALYSE	205
 CHAPITRE 6	
LE GRAND DEFI DE L'AERONAUTIQUE DU XXIE SIECLE : CONSTRUIRE L'AVION VERT	207
L'avion vert: une innovation continue ou une innovation de rupture	207
L'avion vert: un essai de définition	209
6.1 L'avion vert: ce qu'il est	209
6.1.1 Pourquoi définir ce qu'est un avion vert ?	210
6.1.2 Les origines de l'avion vert	213
6.1.3 L'avion vert aujourd'hui dans l'industrie	214
6.1.4 Un ensemble de compromis	219
6.1.5 L'avion vert comme avion efficace	221
6.1.6 L'avion vert comme idéal d'avion totalement propre	224
6.1.7 L'orientation de l'innovation	225
6.2 L'avion vert: comment?	226
6.2.1 Aspects technologiques	226
6.2.1.1 Impact durant la phase de conception-fabrication	226

6.2.1.2 Impact durant la phase d'opération.....	228
6.2.1.3 Impact en fin de vie.....	236
6.2.1.4 Un outil intéressant - L'ACV - Analyse du cycle de vie.....	238
6.3 L'avion vert: pourquoi?.....	241
6.3.1 Les facteurs exogènes.....	241
6.3.1.1 L'État et la réglementation.....	242
6.3.1.2 Les clients.....	244
6.3.1.3 La concurrence.....	245
6.3.1.4 Nouveaux entrants.....	246
6.3.1.5 La Société.....	247
6.3.2 Les facteurs endogènes.....	251
6.3.2.1 Un intérêt de l'industrie.....	251
6.3.2.2 Un changement de perception des acteurs.....	253
6.3.2.3 Une dimension à diluer dans l'organisation.....	256
Conclusion du chapitre - Définition proposée.....	257
<i>Absence de validation de H8</i>	259
<i>Validation de H7</i>	259
CHAPITRE 7	
LA CONCEPTION DE L'AVION VERT : LA DIMENSION MANAGERIALE.....	261
7.1 Caractérisation du système de R&D.....	261
7.1.1 Processus.....	262
7.1.2 Orientations de l'innovation dans le système de R&D.....	266
7.1.3 Limites à l'innovation.....	268
7.1.3.1 Limites organisationnelles.....	268
7.1.3.2 Un conformisme important et une nécessité de se remettre en question.....	269
7.1.3.3 Accès aux ressources financières.....	271
7.1.3.4 Une financiarisation destructrice.....	271
<i>Validation de H2</i>	275
7.1.3.5 Conséquence: un rythme de l'innovation lent.....	275
7.2 Spécificités de l'innovation environnementale au sein du système de R&D.....	276

7.2.1 Au niveau de l'individu - modifie la perception des acteurs	278
<i>Validation de H6</i>	282
7.2.2 Au niveau du groupe - modifie les pratiques de travail	282
7.2.3 Au niveau du système de R&D - modifie l'organisation du travail	284
7.2.3.1 Interaction entre l'innovation environnementale et lean management	285
7.2.3.2 Rétroplanification comme outil stratégique	287
7.2.3.3 Écoconception	287
Une interaction entre ces trois niveaux	290
<i>Validations de H1 et H5</i>	291
7.3 Pratiques de gestion des connaissances mises en œuvre au sein du système de R&D	291
7.3.1 Pratiques communes de gestion des connaissances dans le cadre du système de R&D	291
7.3.1.1 Les individus: des travailleurs du savoir	291
7.3.1.2 Partage et collecte de connaissances explicites	292
7.3.1.3 Partage et collecte de connaissances tacites	295
7.3.1.4 Dynamique de création de connaissances	302
7.3.1.5 Bonnes pratiques de gestion des connaissances	309
7.3.2 Pratiques spécifiques de gestion des connaissances liées à l'innovation verte	313
7.3.2.1 Les connaissances environnementales (au sens écologique)	314
7.3.2.2 Orientation des connaissances	323
7.3.2.3 Processus de gestion des connaissances	327
7.4 Pratiques collaboratives du système de R&D	330
7.4.1 Formes collaboratives	331
7.4.2 Impact de la structure de l'industrie aéronautique sur la collaboration	335
7.4.2.1 Proximité géographique des acteurs	335
7.4.2.2 Le rôle spécifique des consortiums de recherche	339
7.4.2.2.1 Les rôles des consortiums de recherche	340
a) Les consortiums de recherche comme facilitateur	340
b) Les consortiums de recherche comme intermédiaires entre grandes et petites entreprises	341
c) Les consortiums de recherche comme intermédiaires entre l'industrie et l'université	345

d) Les consortiums de recherche comme catalyseurs d'apprentissage pour les étudiants.....	346
e) Les consortiums de recherche comme lieux de rencontre.....	347
7.4.2.2.2 Institutionnalisation des consortiums de recherche.....	348
7.4.2.2.3 Conséquences des consortiums de recherche.....	352
a) Un important effet de levier financier permettant à l'environnement de jouer un rôle d'« attraction » de la recherche.....	352
b) Une R&D à plus long terme portant sur des aspects fondamentaux.....	355
c) Le consortium de recherche: un catalyseur de nouvelles connaissances.....	356
d) Le consortium de recherche: un acteur clé dans le changement de culture de collaboration.....	357
7.4.3 Vers une culture de la collaboration ?.....	360
7.4.3.1 Un changement de culture.....	361
7.4.3.2 Les avantages perçus de la collaboration.....	365
a) Innovation et gestion des connaissances.....	366
b) Réduction des risques.....	368
c) La collaboration comme vision stratégique.....	370
d) Gestion du personnel.....	371
e) Critique.....	372
7.4.3.3 Au niveau de l'individu : une conception de la connaissance en réseau plutôt qu'une forme de pouvoir.....	373
7.4.3.4 Enjeux et pratiques de la propriété intellectuelle.....	376
7.4.3.5 Créer une vision technologique unifiée.....	383
Vers une culture de la collaboration.....	386
7.4.4 Différents niveaux de collaboration.....	387
7.4.4.1 Cas d'échec: une absence de collaboration profonde.....	388
a) Dimension financière.....	389
b) Dimension culturelle.....	389
c) Dimension structurelle.....	393
d) Dimension juridique - Propriété intellectuelle.....	395
7.4.4.2 Des pratiques de collaboration s'enrichissant.....	398

7.4.5 Interaction avion vert - collaboration.....	402
7.4.5.1 Perception 1: une corrélation.....	403
7.4.5.2 Perception 2: des liens indirects.....	404
a) L'avion vert comme cause indirecte de la collaboration.....	404
b) La collaboration comme cause indirecte de l'avion vert.....	407
7.4.5.3 Perception 3: Des liens forts entre collaboration et avion vert faisant système.....	409
Conclusion de la section- Une imbrication des trois perceptions.....	414
<i>Validations de H3 et H4</i>	415
Conclusion du chapitre.....	415
CHAPITRE 8	
ANALYSE ET DISCUSSION.....	421
8.1 L'éco-innovation avion vert comme générateur de sens.....	425
8.2 L'éco-innovation avion vert comme porteur de collaboration forte.....	435
8.3 L'éco-innovation avion vert comme marqueur de transformations économiques.....	450
8.3.1 Le système économique actuel : une logique financière.....	453
8.3.2 Le système économique en émergence : une logique cognitive orientée vers l'environnement.....	459
8.3.3 Conséquence du changement de logique économique sur la logique épistémique.....	464
Conclusion du chapitre.....	466
Le futur de l'avion vert.....	466
Limites et perspectives de la recherche.....	469
CONCLUSION.....	473
ANNEXES.....	481
Matériel d'entrevue : présentation de la recherche, formulaire de confidentialité, grille d'entrevue en français et en anglais.....	481
BIBLIOGRAPHIE.....	493

TABLE DES FIGURES

Figure	Page
0.1 Les pratiques managériales de développement des connaissances à la croisée de l'innovation verte et de l'innovation ouverte	5
1.1 L'imbrication des systèmes managérial, économique et sociopolitique	11
1.2 Développement durable et économie verte.....	45
1.3 Une nécessaire transformation du système économique	50
2.1 Modèle conceptuel multiniveaux d'apprentissage.....	64
2.2 Simple et double boucle d'apprentissage d'après Argyris et Schön.....	69
2.3 Niveaux de participation dans une communauté de pratique.....	76
2.4 Principe de création des connaissances	87
2.5 Composants de la firme basée sur la connaissance.....	92
3.1 Comparaison des types de réseaux.....	102
3.2 L'écosystème d'innovation doit prendre en considération la structure et le contenu des réseaux de connaissances.....	114
3.3 L'imbrication des systèmes de R&D, managérial, économique et sociopolitique.....	116
3.4 Modèle d'innovation de Henderson et Clark.....	121
3.5 Exemple d'innovation architectural dans le secteur aéronautique: le câblage en série.....	122
3.6 Modèle d'innovation classique - modèle d'innovation ouverte.....	124
3.7 Le modèle à quatre étapes de l'écoconception.....	127
3.8 Partenariats de R&D nouvellement établis (1960–1998).....	133
4.1 Classification d'aéronefs.....	138
4.2 Évolution du nombre de salariés, hors personnels administratifs, de 1914 à 1937 aux États-Unis.....	142
4.3 Fusion - acquisition des sociétés aéronautiques américaines de 1980 à 2000.....	144
4.4 Livraison Airbus vs Boeing – 1989 / 2009.....	146
4.5 Illustration des facteurs et de leur impact sur l'émission de gaz à effet de serre en CO2-équivalent.....	155

4.6	Activités de l'industrie aérospatiale québécoise	161
4.7	Répartition des établissements de la grappe « Aéronautique » au Québec, 2006	162
4.8	Entreprises aéronautique dans la grande région de Montréal	163
4.9	Relation entre acteurs de la grappe aéronautique québécoise	164
4.10	Acteurs de la grappe sans les 11 principaux acteurs	165
4.11	Représentation des montants dépensés en R&D par les cinq entreprises aéronautiques du top 100	167
4.12	Dépense de R&D des cinq entreprises aéronautiques dans le classement	167
4.13	Personnel total affecté à la R-D intra-muros dans l'industrie aéronautique au Québec, de 1997 à 2006	168
4.14	Les acteurs de la grappe aéronautique québécoise	170
1.1	Cadre d'analyse	180
5.1	Équilibre de la recherche	181
5.2	Stratégie de recherche proposée pour le niveau intermédiaire de la thèse	190
5.3	Type d'organisation des acteurs interrogés	200
5.4	Type d'entreprises dans lesquelles travaillent les acteurs rencontrés	201
5.5	Niveau hiérarchique des acteurs interrogés	202
6.1	Cause de l'avion vert - Facteurs exogènes	250
6.2	Endogénéisation des facteurs de l'avion vert à travers le temps	251
6.3	La perception des acteurs (1/2)	255
7.1	Technologie - projet - programme	263
7.2	La perception des acteurs (2/2)	282
7.3	Passage de l'individu au système de R&D	290
7.4	Impact du système de R&D sur les valeurs	308
7.5	Représentation de l'effort marginal de R&D nécessaire au développement des connaissances nécessaire à une même diminution de l'impact environnemental	320
7.6	Connaissances simples, connaissances complexes liées à l'avion vert	323
7.7	Les quatre facteurs d'impact de l'avion vert sur la réorientation des connaissances	327
7.8	Matrice illustrant l'impact de l'avion vert sur les disciplines et les étapes de la vie de l'avion	329

7.9 Synthèse des rôles du consortium dans l'industrie.....	360
7.10 Vers une culture de la collaboration.....	386
7.11 Perception 1 du lien entre l'avion vert et la collaboration: une corrélation et non causalité.....	404
7.12 Perception 2 du lien entre l'avion vert et la collaboration: des liens indirects.....	409
7.13 Perception 3 du lien entre l'avion vert et la collaboration: une boucle de rétroaction positive.....	414
7.14 Liens entre les trois conceptions de la relation avion vert - collaboration.....	414
8.1 Interactions de l'avion vert et des systèmes de R&D, managérial et économique.....	424
8.2 L'émergence du sens par l'interaction entre l'objet avion vert entrant en résonance avec la valeur sociopolitique au sein du système de R&D.....	430
8.3 Dynamique de génération de sens et émergence de connaissances.....	435
8.4 Changement de culture de collaboration à travers le temps et impact sur la quantité et la qualité des partenariats.....	437
8.5 Spirales de la collaboration pauvre et de la collaboration forte.....	445
8.6 Transformation du rôle de l'université à travers la financiarisation.....	458
8.7 Orientations des connaissances dans le secteur aéronautique.....	465
8.8 Deux choix possibles d'organisation industrielle.....	468

TABLE DES TABLEAUX

Tableau	Page
1.1 Passage de la logique industrielle basée sur la technique à la logique du savoir basée sur la connaissance	30
1.2 Dualité logique industrielle / logique financière	37
2.1 Différents types d'apprentissage	69
2.2 Les dimensions, composantes et thèmes de la capacité d'absorption	71
3.1 Comparaison des types de réseaux	103
3.2 Types d'alliances	105
3.3 Typologies et caractéristiques de processus d'écoconception	127
3.4 Évolution du management de la R&D	131
3.5 Évolution des coûts de développement	132
3.6 Choix de formes de coopération en R&D	133
3.7 Transfert de connaissances tacites et connaissances explicites au sein de réseaux de R&D	134
4.1 Représentation entre sous-secteur et destination dans plusieurs pays	147
4.2 Les 20 pays les plus grands utilisateurs	153
4.3 Distribution du nombre total d'établissements selon les industries composant la grappe « Aéronautique », Québec, de 1999 à 2006	157
4.4 Grappe industrielle aérospatiale du Québec, données de 2008	159
4.5 Top 5 des entreprises ayant la plus grande dépense de R&D en aéronautique	166
4.6 Aide publique à la R&D	169
I.1 Correspondance du système économique et des phases de l'aéronautique	173
5.1 Échantillonnage et cueillette de données	174
5.2 Participation à des salons, conférences, colloques, congrès	189
5.3 Grille d'entrevue	193
5.4 Type d'organisation des acteurs interrogés	200
5.5 Type d'entreprises dans lesquelles travaillent les acteurs rencontrés	201
5.6 Mouvement entre types d'organisations des acteurs interrogés	202
5.7 Niveau hiérarchique des acteurs interrogés	202

5.8 Niveau d'études des acteurs interrogés	203
5.9 Ancienneté des acteurs interrogés dans le secteur aéronautique.....	203
8.1 Correspondance entre système économique et orientation de l'innovation.....	453

TABLE DES ENCADRÉS

Encadré	Page
4.1 Classification de l'OCDE (Nation Unies, 2009, 168-169).....	158
6.1 La notion d'empreinte environnementale ou empreinte écologique.....	211
6.2 Les générations de biocarburant.....	234
7.1 Un exemple de création suite à des échanges d'informations.....	299
7.2 Exemple d'un changement de stratégie se basant sur la collaboration nécessitant un changement de culture.....	362
7.3 Discussions et négociations autour de l'entente de propriété intellectuelle du CRIAQ.....	380
7.4 Exemple d'une collaboration avec échanges fréquents.....	401
7.5 Un exemple de connaissances codéveloppées : l'indicateur environnemental dans le cadre de SA2GE.....	411
8.1 Hypothèses validées.....	421

RÉSUMÉ

Les pratiques de développement des connaissances dans le secteur aéronautique québécois sont de plus en plus collaboratives, ce qui correspond à une transformation de l'industrie, de sa culture, de ses pratiques managériales vers des méthodes relevant de l'innovation ouverte (Chesbrough, 2003). Parallèlement à ces transformations, le thème de l'avion vert ou avion propre est apparu plus ou moins conjointement. Ces questions de l'avion vert et de la collaboration peuvent sembler très différentes, relevant de deux logiques distinctes. Pourtant, ce qui est frappant sur le terrain, c'est de les observer si étroitement reliées l'une à l'autre, les mêmes acteurs abordant en parallèle ces deux fronts. La thèse portée est celle d'un lien entre avion vert et collaboration. D'où la question de savoir s'il y a un lien à faire entre ces deux grandes transformations ? Si oui, quel est-il ? Qu'est-ce que l'avion vert ? Oriente-t-il les recherches, ou découle-t-il de ces dernières ? Quels impacts sur la collaboration ? **Le concept d'avion vert influence-t-il l'organisation de l'industrie aéronautique ?**

La *première partie* de la thèse traite des aspects conceptuels. On décrit le système managérial comme découlant du système économique. Ce dernier est inscrit dans une logique financière avec deux perspectives contemporaines émergentes : une logique basée sur le savoir et une logique environnementale. Ce rôle montant des connaissances explique l'intérêt des organisations pour la gestion de la connaissance. À partir de deux conceptions de ce qu'est la connaissance, on décrit les deux courants de gestion des connaissances qui en découlent, et les trois niveaux auxquels s'applique cette gestion des savoirs : au niveau de l'individu, de la communauté et de l'organisation. Un quatrième niveau est également de plus en plus important et étudié : le niveau inter-organisationnel. Plusieurs courants y mettent l'emphase tantôt sur la forme, tantôt sur le contenu. On retiendra la nécessité de ces deux approches combinées. À partir des réseaux inter-organisationnels de R&D, on forge le concept de système de R&D comme lieu de la R&D dépassant les frontières de l'organisation, lieu où l'innovation est l'objectif, notamment à travers les deux chemins contemporains que sont l'éco-innovation et l'innovation ouverte. C'est sous cet angle de l'innovation que l'on décrit l'historique du secteur aéronautique, pour en présenter les trois temps importants (Zhegu, 2007) : celui de l'avion fiable, de l'avion puissant et de l'avion moins cher. On observe aujourd'hui l'émergence d'un quatrième temps que constitue l'avion vert.

La *deuxième partie* correspond à la jonction entre les parties théoriques et les résultats provenant du terrain de la recherche. Elle n'est composée que d'un seul chapitre, traitant de considérations épistémologiques, puis présentant la méthode utilisée pour interroger le réel. L'approche est qualitative, basée sur l'analyse de documents et d'entrevues avec des acteurs du système de R&D. L'analyse est faite par théorisation ancrée (Glaser et Strauss, 1967).

La *troisième partie* présente les résultats et l'analyse de la recherche. Le chapitre 6 décrit le rôle, les causes et la place de l'avion vert au sein de la grappe montréalaise, concluant par une définition de l'avion vert. Le chapitre 7 traite de la dimension managériale au sein du système de R&D mis en place pour concevoir et fabriquer l'avion vert. Quatre grands thèmes y sont traités : 1) une caractérisation du système de R&D, 2) ses spécificités vis-à-vis de l'innovation environnementale, 3) les pratiques de gestion des connaissances mises en œuvre et 4) les pratiques collaboratives. La thèse d'un lien fort entre avion vert et collaboration est démontrée. Le dernier chapitre présente l'analyse et l'interprétation des résultats effectuées. L'éco-innovation *avion vert* est à la fois 1) générateur de sens pour les acteurs, 2) porteur de collaboration forte et 3) marqueur des transformations du système économique d'une logique financière à une logique cognitive orientée vers l'environnement. Cette mutation est caractérisée par le passage du triptyque maximisation, instantanéité, immatérialité à un nouveau système économique émergent basé sur l'homéostasie, la temporalité et la territorialisation.

Mots clés : Avion vert, Gestion des connaissances, Collaboration, Éco-Innovation, Innovation ouverte, Système économique, Système managérial, Système de R&D, Culture de collaboration, Gestion de la technologie, Management de la R&D, Économie verte, logique financière, logique cognitive orientée vers l'environnement, Sens au travail, Organisation industrielle, Technologies vertes.

SUMMARY

Knowledge development practices in Quebec's aerospace sector are becoming increasingly collaborative, which corresponds to a shift in the industry's culture and managerial practices towards methods drawn from open innovation (Chesbrough, 2003). Parallel to these transformations, the concept of the green aircraft or clean aircraft has surfaced more or less at the same time. Green aircraft and collaboration may appear to be two distinct concepts, drawing from two separate forms of logic. It is then striking to observe how closely linked they appear to be in the field, with the same key players addressing these two areas simultaneously. The defended thesis indicates that there is a link between green aircraft and collaboration. The question arises: is there a relationship between these two major shifts? If so, what is it? What is green aircraft? Is it leading the research or does it draw from the latter? How is collaboration impacted? **Does the concept of the green aircraft influence the aerospace industry?**

The *first section* of the thesis addresses conceptual aspects. We describe the managerial system as deriving from the economic system. The latter is part of a financial logic with two emerging contemporary perspectives: knowledge based logic and environmental logic. This increasing role of knowledge explains organizations' interest in knowledge management. Using two knowledge-defining concepts, we describe the two current knowledge management methods that result and the three levels to which this knowledge management can be applied: at the individual, community, and organization level. A fourth level is increasingly important to study: the inter-organizational level. Many branches put the emphasis either on knowledge form or content. We note the need for a combined approach. Using inter-organizational R & D networks, we explore the concept of the R & D system as the area within R & D that goes beyond the borders of the organization, where innovation itself is the objective, particularly through the two contemporary pathways of eco-innovation and open innovation. From this perspective, we describe the history of the aerospace sector in three critical periods (Zhegu, 2007): the reliable aircraft, the powerful aircraft, and the less expensive aircraft. We observe today the emergence of a fourth period: the green aircraft.

The *second section* addresses the junction between the theoretical aspects and the field research results. It consists of one chapter that explains the epistemological considerations and presents the method used in the investigation. The approach is qualitative, based on the analysis of documents and interviews with the key players in the R & D system. The analysis was performed using the grounded theory method (Glaser and Strauss, 1967).

The *third section* presents the results and research analysis. Chapter six describes the role, the causes, and the place for the green aircraft in the heart of Montreal's aerospace cluster and concludes with a definition of the green aircraft. Chapter seven addresses the managerial dimension at the heart of the R & D system that is in place to design and build the green aircraft. Four overarching themes are addressed: 1) a characterization of the R & D system, 2) its specificities with regard to environmental innovation, 3) the knowledge management practices in action, and 4) the collaborative practices. The thesis demonstrates a strong link between green aircraft and collaboration. The final chapter presents the analysis and interpretation of results. The *green aircraft* eco-innovation: 1) provides meaning for the key players, 2) inspires close collaboration, 3) indicates a shift from the economic logic system to a cognitive logic system geared towards the environment. This change is characterized by a shift from the threefold emphasis on maximization, immediacy, and immateriality to a newly emerging economic system based on homeostasis, temporality, and territorialisation.

Keywords : Green Aircraft, Knowledge management, Collaboration, eco-innovation, Open innovation, Economic system, Managerial system, R&D system, Collaboration culture, Technology management, R&D management, Green economy, financial logic, cognitive logic oriented environment, meaning at work, Industrial Organization, Green Technologies.

INTRODUCTION

Lorsqu'on parle d'industrie importante à Montréal, on ne peut échapper à l'industrie aéronautique. Totalisant 234 entreprises, pour un chiffre d'affaires global de 12,4 milliards de dollars et employant plus de 40 000 personnes (MDEIE, 2009), Montréal est réputée être la seule ville au monde capable de fabriquer entièrement un avion dans un rayon de moins de 30 km.

Mais plus qu'une importante industrie, c'est également une industrie à très haut niveau de savoirs. Le secteur aéronautique est au premier rang des secteurs de haute technologie (Hatzichronoglou, 1997). Plus de 70% des dépenses de R&D canadiennes dans le secteur se font à Montréal (Aéromontréal, 2012), et représentent plus de 2 milliards de dollars de fonds privés (Research Money, 2012) auxquels il faut ajouter les fonds publics directs et indirects. Les enjeux économiques et de connaissances sont très importants. Plus que dans d'autres industries, le besoin d'innover est confronté à une nécessaire maîtrise technologique — garant de la sécurité aérienne. Or sécurité et innovation forment deux axes qu'il est difficile de suivre dans le même temps : les risques sont réels et les enjeux économiques colossaux, comme le révèle le cas d'actualité du Boeing 787 *Dreamliner*, dont les problèmes de sécurité, liés à la batterie en Lithium-ion — une technologie permettant d'alléger le poids de l'avion —, ont « cloués au sol » tous les avions durant une période de plus de trois mois.

À l'origine de cette thèse se trouvait un ensemble de questions visant à comprendre le fonctionnement de l'industrie et notamment les processus d'innovation et de création de connaissances au sein de celle-ci. À travers les nombreuses interactions avec les professionnels de l'aéronautique québécoise et les participations à des forums, séminaires, congrès internationaux et salons, il est très vite apparu que deux phénomènes plus ou moins

conjointes dans le temps transformaient l'industrie : l'augmentation des collaborations et la conception de l'avion vert.

La collaboration

Le sujet de la collaboration en matière de recherche et de développement est important dans le secteur aéronautique québécois. Alors qu'il y a quelques décennies, les fabricants d'avions concevaient leurs appareils en très grande partie au sein de leur propre entreprise, l'organisation de la recherche et du développement s'est ouverte à la participation de partenaires industriels, de centres de recherche, d'universitaires, et d'autres organismes. Ces pratiques de collaboration relèvent du domaine managérial, de la façon de s'organiser que l'on peut rattacher à des pratiques, une conception, de ce que l'on nomme dans la littérature managériale l'innovation ouverte.

Innovation ouverte

Depuis l'ouvrage de Chesbrough (2003), les travaux sur l'innovation ouverte sont légion. Il s'agit d'un mode d'innovation basé sur le partage et la collaboration entre acteurs, en vue d'aboutir à une innovation. Celui-ci présente un nouveau modèle d'organisation de l'innovation, visant une plus grande efficacité, donnant de meilleurs résultats en terme d'innovation.

L'innovation ouverte est un mode d'organisation, une façon de faire, donc un processus praxéologique à visée instrumentale, c'est-à-dire la mise en place de pratiques et l'utilisation d'outils — pouvant être conceptuels — dans le but d'obtenir un mode d'organisation plus efficace. On n'est ici pas dans le juste, mais dans la norme, la façon de faire.

L'innovation, résultant d'un processus de création, est un phénomène relevant de multiples niveaux : individus, groupes, organisations et même inter-organisationnel. En traitant d'innovation ouverte, et donc de collaboration, on se place alors à un niveau inter-organisationnel dans l'industrie.

Les relations, conceptualisations et théories y sont multiples : on parle de coopération (Axelrod, 1984; Teece, 2003), de collaboration (Powell, 1998), d'alliances (Doz et Hamel, 2000; Ingham et Mothe, 2003), de coopération (Tsai, 2002; Prévot, 2007), de système régional ou national d'innovation (Niosi et al., 1993; Cooke, 2001), de triple hélice (Leydesdorff et Etzkowitz, 1998), de districts industriels et technologiques (Dangelico, Garavelli, et Petruzzelli, 2010) ou encore de grappe technologique (Porter, 1998; Steiner, 1998), pour ne citer que quelques-unes des façons d'aborder ce niveau supra-organisationnel.

Ces multiples approches apportent toutes des idées et concepts intéressants, toutefois, elles relèvent toutes d'une conception de la gestion comme un processus d'ordre technique, formel, s'intéressant aux mécanismes plutôt qu'aux significations dans les processus de gestion et d'innovation.

L'avion vert

Le second concept important apparu au cours des dernières années dans le secteur aéronautique est celui de l'avion vert. Il s'agit de la volonté de construire une aéronautique plus propre, à travers la transformation de l'appareil, afin qu'il soit plus respectueux de l'environnement. Mais il est vrai que le secteur aéronautique ne bénéficie pas d'une image très éco-respectueuse, même si elle ne contribue à l'émission de gaz à effet de serre qu'à hauteur de 1 à 2% des émissions totales (OACI, 2010). Déjà très complexe en terme de connaissances, la prise en considération d'une dimension nouvelle pour la conception d'un avion entraîne des défis importants. C'est toutefois un thème dont l'industrie s'est emparée, à tous les niveaux possibles, des aéroports jusqu'aux compagnies aériennes, en passant par les gouvernements et bien sûr — par les fabricants et concepteurs de l'avion. Il s'agit d'un enjeu majeur, et un grand nombre des projets de développement des nouveaux avions touchent à des dimensions liées à l'environnement. À titre d'illustration, le prochain avion de Bombardier, le C-Series — entre autres impacts environnementaux — réduira ses émissions de CO₂ de 20%, de NOx¹ de 50%, et sera quatre fois plus silencieux. Il sera également conçu

¹ Oxyde d'azote

² Cet exemple se révèle en partie faux comme le présente Peauchelle (2005) avec un « raisonnement

avec moins de matières dangereuses pour l'environnement (Bombardier, 2012). L'avion vert relève de ce que l'on appellera une innovation verte.

Innovation verte ou éco-innovation

En effet, les médias et l'opinion publique se passionnent — non sans raison — pour un mode de développement plus écologique. L'innovation verte, c'est l'idée d'une innovation relevant d'une conception différente, d'une nouvelle logique émergente, une *éco-logique*, touchant les différents secteurs industriels et non simplement un secteur environnemental, par ailleurs en développement. Le secteur aéronautique, pourtant accusé d'être l'un des plus polluants existants est touché par cette volonté d'amélioration environnementale. Ainsi, la logique du système se transforme petit à petit, et si elle est désormais moins visible médiatiquement parlant, elle l'est peut-être plus dans les pratiques des entreprises, au moins dans le secteur étudié.

Dans le secteur aéronautique, cette logique verte donne naissance à l'avion vert. Il s'agit d'une conception téléologique à visée axiologique : par innovation verte, on tend à orienter l'innovation vers un résultat, une finalité : un produit plus acceptable sur le plan environnemental, donc meilleur si on le place selon une certaine logique morale. Ce n'est pas tant un mode d'organisation que le résultat souhaité à la sortie du processus d'innovation. Ce nouvel intérêt pour l'environnement, cette logique amène-t-elle à générer de nouvelles connaissances, de nouveaux types de connaissances ? De nouvelles façons de s'organiser ?

N'offre-t-il pas une échappatoire téléologique, un sens, une direction aux processus rigoureux de l'innovation ouverte ?

Question de recherche

Ainsi, les pratiques de développement des connaissances dans le secteur aéronautique québécois sont de plus en plus collaboratives, ce qui correspond à une transformation de l'industrie, de sa culture, de ses pratiques managériales. Parallèlement à ces transformations,

le thème de l'avion vert ou de l'avion propre est apparu plus ou moins conjointement. Ces questions de l'avion vert et de la collaboration peuvent sembler très différentes, relevant de deux logiques distinctes. Pourtant, ce qui est frappant sur le terrain, c'est de les observer si étroitement reliées l'une à l'autre, les mêmes acteurs abordant en parallèle ces deux fronts. D'où cette question de savoir s'il y a un lien à faire entre ces deux grandes transformations. Existe-t-il un lien entre innovation verte et innovation ouverte ? Si oui, quel est-il ? Qu'est-ce que l'avion vert ? Oriente-t-il les recherches, ou découle-t-il de ces dernières ? Quels impacts sur la collaboration ? **Le concept d'avion vert influence-t-il l'organisation de l'industrie aéronautique ?**

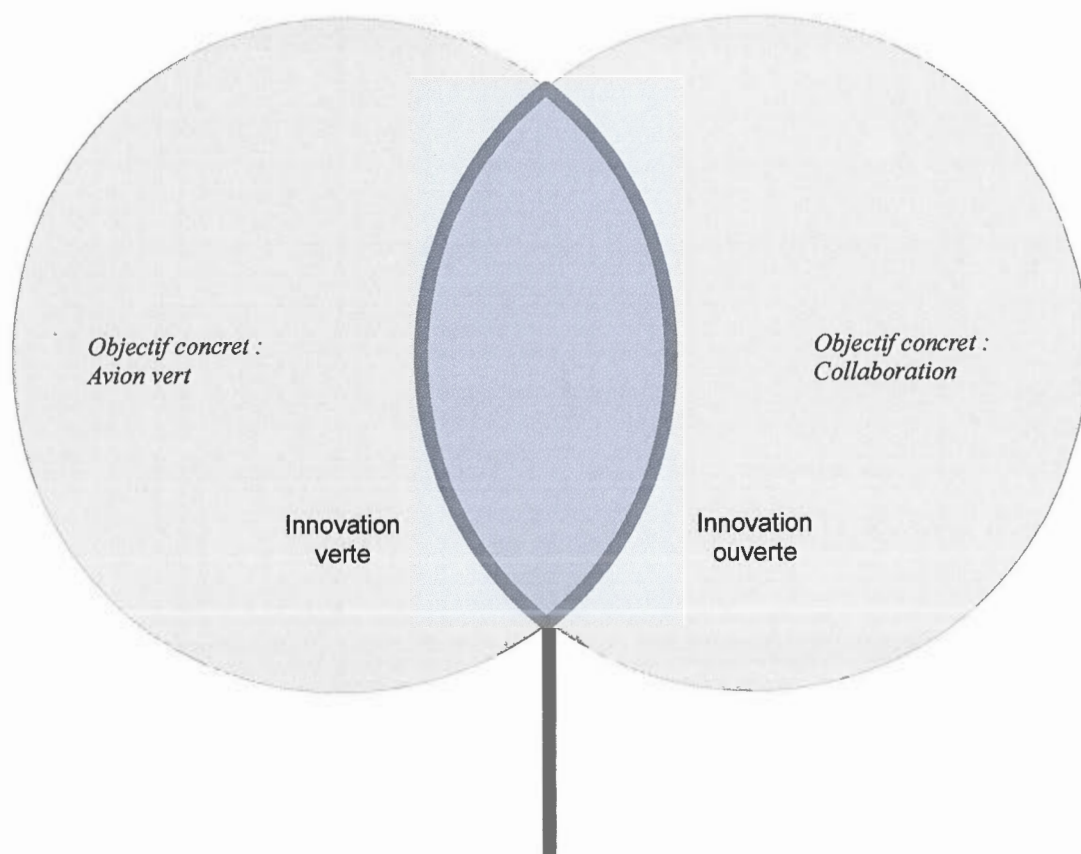


Figure 0.1 - Les pratiques managériales de développement des connaissances à la croisée de l'innovation verte et de l'innovation ouverte

Plan de la thèse

Le plan de cette thèse pour répondre à ces questions est le suivant : la *première partie*, traite des aspects conceptuels. Les aspects théoriques tels qu'abordés dans la littérature y sont traités.

Le chapitre 1 présente le contexte général dans lequel cette thèse s'inscrit, les notions de système économique, de système managérial. Il décrit les logiques du système économique, soumis à deux forces contemporaines, à savoir une économie basée sur le savoir et la montée d'une économie verte.

Le chapitre 2 est consacré à la gestion de la connaissance dans l'entreprise. On y présente deux conceptions de ce qu'est la connaissance, et les deux courants de gestion des connaissances qui en découlent. Par la suite la gestion des connaissances est décrite à travers trois niveaux : individuel, communauté, organisation.

Le chapitre 3 traite des perspectives inter-organisationnelles, mettant l'emphase sur la forme et sur le contenu, pour montrer la nécessité de retenir les deux approches combinées. On y traite des réseaux inter-organisationnels de R&D à travers le concept de système de R&D. L'innovation qui est son objectif est décrite ainsi que les deux chemins contemporains que sont l'éco-innovation et l'innovation ouverte. On y montre la montée en puissance de la R&D inter-organisationnelle.

Le chapitre 4 décrit le secteur aéronautique à travers son histoire vue sous l'angle de l'innovation, afin de présenter les trois temps importants du secteur (Zhegu, 2007) : l'avion fiable, l'avion puissant et l'avion moins cher. On décrit l'émergence d'un quatrième temps que constitue l'avion vert. Le secteur aéronautique québécois y est également présenté à travers trois perspectives : économique, géographique et R&D.

Cette première partie se conclut par la problématique posée par cette thèse, et la présentation du cadre théorique élaborée pour y répondre.

La *deuxième partie* correspond à la jonction entre les parties théoriques et de terrain de cette recherche. Elle n'est composée que du seul chapitre 5. Celui-ci traite de considérations épistémologiques, puis présente la méthode utilisée pour interroger le réel. Plusieurs informations agrégées sont également présentées concernant le terrain de la recherche.

La *troisième partie* présente les résultats et l'analyse de la recherche. Le chapitre 6 présente le rôle, les causes, et la place de l'avion vert au sein de la grappe montréalaise. Le chapitre se conclut sur une définition de l'avion vert.

Le chapitre 7 traite de la dimension managériale au sein du système de R&D mis en place pour concevoir et fabriquer l'avion vert. Quatre grands thèmes y sont traités : tout d'abord une caractérisation du système de R&D, suivi dans une deuxième partie des spécificités de l'innovation environnementale au sein du système de R&D. La troisième partie traite des pratiques de gestion des connaissances mises en œuvre au sein du système de R&D. Enfin, la quatrième partie décrit les pratiques collaboratives du système de R&D.

Enfin, le chapitre 8 présente l'analyse et la discussion des résultats effectuées. On y présente l'éco-innovation *avion vert* comme générateur de sens pour les acteurs, comme porteur de collaboration forte et comme marqueur des transformations du système économique.

PARTIE I

REVUE DE LITTÉRATURE, CADRE D'ANALYSE

CHAPITRE 1

CONTEXTE GÉNÉRAL : UN SYSTÈME ÉCONOMIQUE EN CHANGEMENT

« La représentation qu'il se fait de l'univers évolue donc au fil des temps. D'abord mystérieux et peuplé de multiples créatures invisibles — l' "univers magique" —, celui-ci lui apparaîtra ensuite comme obéissant à des lois, puis en évolution, et enfin animé par les transformations permanentes d'une réalité qui se dégrade, se recompose et tourbillonne pour se recréer sans cesse - le "tourbillon créateur". Il ne s'agit donc pas seulement de replacer chaque conception économique au sein de son époque — cela se fait déjà couramment —, mais d'intégrer une évolution au cœur même d'une autre qui la porte » (Passet 2010, 8).

Avant de rentrer dans le cœur de la recherche, il est important de baliser celle-ci. En effet, le partage et la création des connaissances s'intègrent dans un ensemble plus large, qu'est — dans le cadre d'innovation technologique — le système de R&D (cf. Chapitre 3), intégré dans un jeu de poupées russes au système managérial, intégré au sein du système économique, partie d'un ensemble plus large qu'est le système sociopolitique (Bédard et al., 2011).

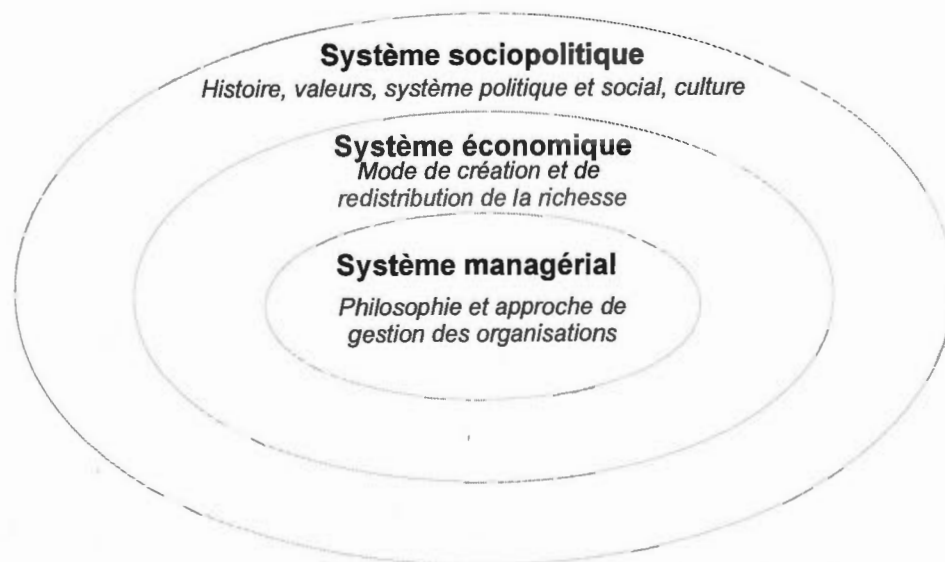


Figure 1.1 - L'imbrication des systèmes managérial, économique et sociopolitique

Ce chapitre présente les concepts de système économique et de système managérial qui en découle. Passant d'un système traditionnel non adapté jusqu'à une logique financière contemporaine, le système économique est soumis à deux forces contemporaines, à savoir une économie basée sur le savoir (section 1.2) et la montée d'une économie verte (section 1.3).

1.1. Un système économique en crise théorique

1.1.1 Le système économique

On peut définir un système économique comme étant la constitution « de l'ensemble des agents économiques et des institutions qui contribuent à la production, à la répartition et à la consommation des richesses » (Beitone et al., 2001). Bezbakh et Gherardi (2000) le définissent comme l'« ensemble interdépendant d'institutions (droit, propriété) encadrant les activités et les comportements économiques en général dans l'espace national) ».

Allant plus loin que le niveau institutionnel, le système économique correspond pour Bruno et Elieboode à la composition « d'institutions, de normes, de lois, d'activités, de mécanismes, de valeurs et de motivations qui façonnent les processus de prises de décision et le fonctionnement d'une économie donnée » (Bruno et Elleboode, 2010).

On peut aussi le déterminer à l'aide de cette définition toute simple d'Alquier qui lui donne une puissance et une large compréhension de ce qu'est un système économique, qui répond à ces trois questions : « QUOI, COMMENT, POUR QUI produire » (Alquier, 2003).

Le système économique traduit au niveau de l'économie des idées et valeurs relevant du système sociopolitique, construit à travers le temps, le système social, les institutions, le système politique, les valeurs promues par la société. Le système économique se traduit également dans les entreprises par un système managérial qui en découle.

Au niveau de l'organisation : le système managérial

On peut définir le système managérial ou système de gestion comme un « ensemble cohérent d'actes interdépendants permettant la réalisation des objectifs de l'entreprise avec un maximum d'efficacité et de rapidité » (Silem et Martinet, 2009).

Celui-ci est imbriqué dans le système économique (Saussois, 2006; Bédard et al., 2011). Il correspond à une forme adaptée dans la philosophie et les approches de gestion de l'organisation du système économique. En effet, le management est « un système d'action inextricablement lié à un espace social et historique. Connaître celui-ci éclaire alors forcément celui-là » (Déry, 2009, p. 8).

Lorsqu'il s'agit de traiter d'aspects inter-organisationnels, il est donc question d'observer ce qui est compatible et ce qui ne l'est pas, entre systèmes managériaux de deux ou plusieurs organisations. C'est au niveau de l'ensemble commun entre ces systèmes que l'analyse se porte, d'où l'importance de l'étude du système économique dans lequel ils s'inscrivent.

1.1.2. Un déphasage entre le système économique et la théorie économique qui le régit

De plus en plus, la base de l'économie est fondée sur sa capacité à produire du savoir (voir la section 1.2). Mais la théorie et les institutions qui régissent le système économique n'ont pas encore fait le saut vers cette conception, ce qui pose tout un ensemble de problèmes. Pour comprendre adéquatement ce déphasage, cette section décrit les fondements sur lesquels la théorie économique contemporaine est basée.

Dans sa conception classique, l'économie ne s'intéresse pas au savoir ni même à l'information en tant que tels, mais à travers leur valeur économique. Le savoir permet, à travers sa matérialisation dans la technique, d'augmenter la productivité et la valeur. D'où cette question de la technique, qui par la suite a conduit plusieurs chercheurs à s'interroger sur l'innovation dans la lignée de Schumpeter, et amené la perspective traitée dans la prochaine section.

Adam Smith, considéré comme père-fondateur de l'économie classique cherche à travers son modèle économique une bonne répartition des richesses dans la société pour en faire un ensemble cohérent, cela à travers l'analyse de la production et de la consommation.

À travers la fameuse illustration de la manufacture d'épingles qu'il tire de l'encyclopédie de Diderot², Smith, décrit la division du travail comme permettant 1) une augmentation de l'habileté des ouvriers, 2) une économie du temps pour passer d'une tâche à une autre, et enfin 3) la promotion de l'invention de nouvelles machines plus productives et plus adaptées (Smith, 1999).

Dans son ouvrage *Recherches sur la nature et les causes de la richesse des nations*, Smith décrit un « progrès » et une amélioration continue de la société, par deux lois inhérentes à celle-ci : 1) l'accumulation permet une productivité accrue par l'achat de machines³ qui associée à la division du travail produit ainsi une hausse des salaires, 2) cette hausse est régulée par la loi du peuplement, le nombre de travailleurs augmentant ce qui entraîne à nouveau la baisse des salaires. Cette seconde loi sera par la suite reprise et développée par Malthus, qui de la différence de croissance entre les besoins humains sur un rythme géométrique (1, 2, 4, 8, 16, etc.) et les capacités de la planète à les fournir croissant à un rythme arithmétique (1, 3, 5, 7, 9, etc.) voit là une course vouée à l'échec, ce qui fait de Malthus le précurseur des économistes prônant la décroissance.

Toutefois, Smith entrevoit les limites de son système comme les effets abrutissants de la production de masse, qui trouveront une forme plus complète et aboutie chez Marx au sein du concept d'aliénation.

L'analyse de Smith est affinée par Ricardo, notamment à travers la théorie des avantages comparatifs postulant que dans le commerce international, tous les pays sortent gagnants

² Cet exemple se révèle en partie faux comme le présente Peauchelle (2005) avec un « raisonnement qui n'est pas sérieux » (p. 499) d'une productivité 240 fois supérieure par l'application de la division du travail. Toutefois, si sur la forme l'exemple de Smith est problématique, il se révèle d'un intérêt pédagogique et historique certain.

³ En effet chez Smith, le capitaliste réinvestit son profit dans de nouveaux moyens de production.

d'une spécialisation dans le domaine dans lequel chacun d'entre eux est le meilleur, ou le moins mauvais. Ainsi, pour le même nombre d'heures travaillées, le Portugal produit 20 mètres de drap et 300 litres de vin, et l'Angleterre 10 mètres de drap et 100 litres de vin. L'Angleterre a un désavantage absolu. Mais si l'Angleterre se spécialise en drap, elle a un avantage relatif, car elle pourra échanger 10 mètres de drap contre 150 litres de vin anglais (au lieu de 100). Pour la même raison, le Portugal devrait se spécialiser en vin⁴. Ainsi, le libre-échange annoncé par Ricardo a comme conséquence la spécialisation et la recherche d'efficacité donc une augmentation du progrès technique spécifiquement à des domaines bien précis pour chaque pays. Cette thèse est à la base de la mondialisation actuelle (voir la section 1.2.3).

Babbage pousse la notion de division du travail, mais en s'intéressant non pas à la dimension sociale, mais technique de celui-ci. Cherchant à éviter l'apprentissage long, la perte de temps en passant d'une activité à l'autre ou en cherchant à acquérir de nouvelles capacités, etc. Babbage (Kanelopoulos, 1994, p. 35) décrit la division du travail comme : 1) une économie du temps requis pour l'apprentissage ; 2) une économie de la perte des matériaux dans l'apprentissage ; 3) une épargne de la portion du temps dans le changement d'une opération dans une autre ; 4) une économie du temps dans le changement des outils ; 5) une habileté acquise par la répétition fréquente de la même opération ; 6) la division du travail suggère l'invention des outils et des machines pour exécuter les opérations ; 7) la réalisation du principe de Babbage, à savoir que la division du travail permet de mesurer les tâches : « le maître-manufacturier, en divisant le travail afin qu'il soit exécuté en différentes opérations dont chacune requiert des degrés différents d'adresse ou de force peut acheter exactement la quantité précise de chacune d'elles qui sont nécessaires à chaque opération » (Babbage, 1833, p. 175). Cela fait de Babbage le précurseur de la vision taylorienne concernant l'organisation scientifique du travail, offrant une vision mécaniste et déterminée des sociétés humaines. Il contribue aussi par là à l'aliénation du travailleur.

⁴ La théorie des avantages comparatifs est toutefois fort contestable, car elle ne prend en considération qu'un monde économique épuré où enjeux de pouvoir politique et de souveraineté nationale n'existent pas. Tous les produits sont considérés identiques. Par ailleurs, elle nécessite comme hypothèse un marché de taille infini.

Par ailleurs, cette théorie ne prend pas en considération la dynamique du savoir.

Marx est l'économiste classique qui s'est le plus intéressé à la question de la technique. Sa vision du progrès technique est dynamique, contrairement aux autres classiques et aux néoclassiques à venir pendant près de cent ans, pour qui le domaine technique est considéré comme secondaire, « le système ayant tendance selon eux à se rapprocher d'un état stationnaire » (Guerrien, 1997). Il est vu chez Marx comme en constante interaction avec l'environnement sociopolitique.

Son analyse économique s'appuie sur la valeur-travail, c'est-à-dire le travail est la valeur commune entre les marchandises, au contraire des valeurs d'usage et valeurs d'échange qui elles fluctuent. Sur ce point, il reprend Ricardo, mais va plus loin dans l'analyse, car contrairement à ce dernier, il ne prend pas en compte le travail physiologique qu'une machine pourrait effectuer, mais le travail abstrait — le seul réalisable par l'homme — comme substance de la valeur, la grandeur étant la quantité de travail nécessaire socialement — correspondant à un certain niveau de développement du « progrès » technique. En ce sens, Marx est un précurseur de l'économie du savoir.

Par ailleurs, Marx s'intéresse à l'origine de la plus-value, avec son modèle A-M-T-M'-A'. En voici le principe : partant d'une somme d'argent A, le capitaliste achète des marchandises M, et loue une force de travail T, transformant M en marchandise M' vendue pour une somme d'argent A' supérieure à A. La plus-value réalisée est alors $PL = (A' - A)$. Pour Marx, le capital constant (C) est l'argent qui achète les moyens de production, et le capital variable (V) celui qui achète la force de travail. Dans le système capitaliste, la marchandise est la forme sociale que revêt le produit dans l'économie marchande, et le capital la forme sociale que revêtent les moyens de production et la force de travail. Ainsi, Marx cherche à comprendre comment le capitaliste peut augmenter le taux de plus-value PL/V . Découlant de ce mécanisme, Marx voit deux pistes de solutions liées à l'influence de la technique : 1) augmenter le travail de l'ouvrier, soit en augmentant le nombre d'heures effectuées, soit en augmentant la cadence de travail. C'est la plus-value absolue. 2) le progrès technique est un

levier pour augmenter ce que Marx nomme la plus-value relative du travail, en augmentant la productivité⁵.

Mais comment s'effectue la plus-value ? Pour Marx, la vente ne s'effectue pas au prix $C+V+PL$ de la marchandise, mais $C+V+PM$, avec PM le profit moyen toutes branches confondues. Ainsi, il y a une concurrence entre les différentes branches d'une économie capitaliste, et une sanction sociale des branches les plus archaïques au profit des branches les plus modernes. Cela pousse à une vive concurrence et une recherche permanente de modernité pour ne pas être sanctionné de la sorte. Aussi, hausse de productivité et progrès technique sont des caractéristiques au cœur même du système capitaliste. « Pour Marx, le progrès technique est inhérent au capitalisme, la recherche du profit maximal invitant les entreprises à bouleverser en permanence leurs méthodes de production, même si c'est dans le désordre et avec beaucoup de gâchis du point de vue de la société dans son ensemble » (Guerrien, 1997).

Du fait du profit, chez Marx, progrès et hausse de productivité deviennent des instruments d'exploitation et de domination de l'homme, entraînant son aliénation⁶. Le système capitaliste permet l'augmentation de la productivité et du progrès technique, qui se transforme en moyens d'augmenter l'exploitation et la domination des travailleurs. Ces derniers deviennent des appendices des machines. Le capitaliste a tendance à vouloir remplacer le travail vivant (celui de l'homme) par du travail mort (celui de la machine), assujettissant le travailleur au capital par expropriation des savoirs incorporés dans le système des machines, cause de la division du travail. Marx insiste sur « les rapports conflictuels entre savoir et pouvoir qui déterminent le développement et les métamorphoses historiques de la division technique et sociale du travail » (Herrera et Vercellone, 2002, p. 66). L'opposition entre travail vivant et travail mort trouve un nouveau souffle avec l'analyse qu'en font les

⁵ Aktouf ajoute à ces deux formes de plus-value, la plus-value par la manipulation des perceptions, la plus-value relative par la réduction exponentielle, individuelle et collective du coût travail, et la plus value extra (Voir à ce propos Aktouf, 2002, notamment le chapitre 4).

⁶ Pour plus de développement sur le concept d'aliénation chez Marx, nous renvoyons le lecteur à l'ouvrage de Calvez (1956).

chercheurs de l'école du capitalisme cognitif, où le savoir s'affirme comme force productive principale (voir section 1.2.3).

Par ailleurs, cette course à la productivité est au centre de la loi de la baisse tendancielle du taux de profit, car elle entraîne une augmentation de la masse des moyens de production (correspond au capital constant C) au détriment des travailleurs (le capital variable V). Il s'agit toutefois d'une tendance, car la loi a des causes contrecarrantes internes et externes. Pour Marx, le chômage n'est pas la conséquence du progrès technique – comme cela était dénoncé par plusieurs socialistes utopiques avant lui, mais « il en est la conséquence dans des conditions propres au système capitaliste, où en même temps que se développe ce progrès technique le taux de profit et/ou les débouchés sont insuffisants pour que les capitalistes décident d'accroître investissements et production » (Valier, 2005, p. 117).

Les théories néoclassiques

Dès le début du XXe siècle, nombre d'économistes ont tenté de renouer avec les conclusions des premiers économistes classiques excepté Marx et Mills.

Dans un premier temps, la technique est considérée comme exogène aux modèles utilisés. Dans ces courants néoclassiques, si le progrès technique n'est pas incorporé à l'économie, il exerce quand même une influence. Il existe trois modèles de neutralité de la technique sur l'économique : 1) pour Hicks, les effets du progrès technique s'exercent de la même façon sur le capital et sur le travail ; 2) pour Harrod, le progrès technique s'exerce uniquement sur la productivité du travail ; 3) pour Solow, le progrès technique s'exerce sur le seul capital.

Toutefois, le progrès technique n'est pas appréhendé avec unité, il n'est clairement pas au centre (ni même en périphérie) du domaine que s'est fixé cette économie. Ainsi, il fut une époque où pour certains économistes comme Hetman (1970), le progrès technique n'était pas considéré comme une source de croissance, cette idée provenant pour ces économistes d'une erreur comptable due à un manque de précision dans les calculs. Les problèmes seraient pour eux essentiellement statistiques, méthodologiques et conceptuels. Dans cette perspective, le

changement technique n'entraîne pas toujours le progrès technique, il peut désorganiser, avoir un coût social. Toutefois, ce courant a été abandonné au cours des années 70 et ne fait aujourd'hui plus l'objet de discussions. Il peut même paraître étonnant — dans l'univers de pensée contemporain occidental — de lire de tels travaux, et de voir que le débat a même été posé.

Les tendances étant limitées par l'incapacité d'une part à prévoir les changements technologiques majeurs et d'autre part à prévoir les changements sociaux, certains économistes néoclassiques ont cherché à intégrer la technique dans leurs modèles économiques.

En endogénéisant le progrès technique, ce dernier est vu comme le résultat du choix des agents économiques : entreprise investissant en R&D, ménages considérant temps et formation, État. Par ailleurs, le progrès technique étant qualitatif ces économistes jugent son effet, sur l'augmentation de la qualité du travail comme un choix délibéré, ou comme des externalités positives.

L'apport principal des théories de la croissance endogène est d'expliquer la croissance comme produit par le progrès technique, ayant pour origine la maximisation d'une fonction objectif par le comportement d'agents rationnels. Pour Guerrien, le progrès technique permet la création de nouveaux produits et l'augmentation de la productivité. Le progrès technique relève du qualitatif et du hasard. Le progrès technique est ici fonction de deux facteurs : 1) la somme des connaissances acquises dans le cycle économique, et 2) les ressources en terme de R&D.

Toutefois, l'analyse néoclassique « endogène », en réduisant son analyse à l'accroissement du stock de connaissances et à la quantité de capital humain consacré à la recherche exclut la plupart des déterminants institutionnels et des contingences historiques propres au développement technique. Guerrien juge la fonction de production des néoclassiques particulièrement inappropriée, préférant à celle-ci une approche par les modèles à génération

de capital, jugée plus judicieuse, mais ne faisant que constater les effets du progrès technique sans en expliquer l'origine.

Tout d'abord, cette conception pose un certain nombre de problèmes en matière de postulats – souvent pour des questions méthodologiques. On peut citer l'absence de considération de l'encastrement de l'économie dans les pratiques sociales (Polanyi, 2009), une représentation de l'être humain éloignée de la description faite par d'autres disciplines (rationalité absolue, maximisation individuelle, simplification de la logique du marché, que différentes sciences sociales comme l'anthropologie ou la psychologie mettent à mal. Voir par exemple Aktouf, 2003, chapitre 3). Ces courants exogènes et endogènes ont pour Saint-Paul comme avantage principal d'être compatibles avec la micro et la macro-économie, et de se prêter à la formalisation mathématique. C'est d'ailleurs ce dernier aspect pratique qui explique probablement leur succès, ces modèles étant *calculables*. Ils présentent néanmoins un défaut majeur, à savoir de ne pas correspondre à ce que l'on sait du changement technique et de l'innovation (!) (Saint-Paul, 1990). L'économie orthodoxe a en effet une préférence absolue pour la forme d'un argument économique plutôt que son contenu (Blaug, 1999), ce qui contraint toute théorie économique orthodoxe à la non-prise en considération des arguments ne pouvant s'exprimer sous forme mathématique (historique, psychologique, culturel, etc.) (Dow, 2000). Or, la connaissance se prête mal — pour ne pas dire pas du tout — à la formation mathématique⁷, et est pourtant un tenant essentiel de l'innovation.

L'économie évolutionniste

C'est là le constat d'un autre économiste ayant marqué le XXe siècle, Joseph Schumpeter qui a inspiré nombre d'économistes, et est considéré comme le père de l'économie de l'innovation et de la connaissance. Il donnera notamment naissance à l'économie évolutionniste.

Pour Schumpeter, le capitalisme serait voué à long terme à la mort par asphyxie au profit du socialisme, car il entraînerait une baisse des innovations due aux phénomènes de routine, le

⁷ Sous forme de boutade, combien de kilos de connaissances nécessaires à la construction d'un avion?

capitalisme se transformant en capitalisme bureaucratique. Il « montre l'importance de la compétition par l'innovation et de la fonction sociale de l'entrepreneur ; il aborde la question de la répartition des pouvoirs et le rôle de la grande firme » (Saint-Paul, 1990). Pour analyser l'économie capitaliste, Schumpeter la dissocie en une composante statique et une composante dynamique. C'est de cette dernière partie dynamique que provient le profit, c'est-à-dire de l'innovation qui est créée par ceux qu'il considère comme l'élite de la société capitaliste, la catégorie des entrepreneurs. Ces derniers innoveront en brisant la routine, au mépris des risques, et lorsqu'ils réussissent, ils créent un profit dont ils peuvent bénéficier sur une courte période avant d'être rattrapés par la concurrence qui n'a plus qu'à suivre le chemin défriché⁸. Ainsi, chez Schumpeter, l'entrepreneur risque d'avoir le rôle du capitaliste chez Ricardo : même si c'est lui qui apporte le profit, ce n'est pas nécessairement lui qui en profite. Toutefois, si l'entrepreneur sait saisir l'opportunité, elle rompt l'existence de conditions de concurrence homogène, et permet l'institution d'un monopole pour l'entreprise innovante, permettant alors le profit pour celle-ci, qui peut alors être réinvesti pour que l'entreprise garde son avance technologique.

L'existence de cycle économique est expliquée par l'existence d'innovations majeures survenant par grappes dues au progrès technique. La phase ascendante correspond à une période de diffusion et d'amortissement des nouvelles innovations, pendant laquelle la demande est forte, permettant une hausse de la production et de la croissance économique. Les individus s'équipant peu à peu, la demande de nouveaux produits baisse, augmentant la concurrence entre entreprises. S'ensuit la phase descendante du cycle où les entreprises et les branches les moins rentables ferment. Les entreprises survivantes se trouvent alors en situation de monopole, et s'enlisent dans des technologies dépassées, permettant alors l'arrivée d'un nouveau joueur disposant d'une nouvelle technologie à la base d'une nouvelle vague d'innovation par grappe. Ce cycle correspond au phénomène de *destruction créatrice*.

Le progrès technique et l'innovation radicale ont un effet sur le comportement et les habitudes de consommation des individus, et sur les modèles d'organisation des entreprises.

⁸ Même si le brevet (dans l'esprit du législateur permettant de faire un juste compromis entre avantage – financier – pour l'inventeur et l'avantage – la connaissance de l'invention – pour la société) est un obstacle, à court terme, au rattrapage par les concurrents de l'entrepreneur.

Ce sont les structures de l'économie qui sont modifiées, et jouent sur l'organisation ainsi que sur la nature de qualifications et de l'emploi, et la répartition géographique. Par ailleurs, le progrès technique entraîne des bouleversements en terme de rapports de force entre entreprises et entre pays au niveau international.

Pour Schumpeter (1911) dans la *théorie de l'évolution économique*, l'évolution économique s'explique par cinq catégories d'innovation : 1) la fabrication d'un bien nouveau, 2) l'introduction d'une méthode de production nouvelle, 3) l'ouverture d'un marché nouveau, 4) la conquête d'une nouvelle source de matière première, 5) la réalisation d'une nouvelle organisation de production (Saint-Paul, 1990). Schumpeter a beaucoup influencé le courant évolutionniste.

L'école évolutionniste se situe principalement dans la mouvance de Schumpeter, même si on peut à juste titre considérer que Veblen est proche dans ses conclusions sur de nombreux aspects de cette conception économique de la technologie. Cette école a connu une forte croissance au début des années 80 du dernier siècle, et représente aujourd'hui une alternative intéressante aux courants néoclassiques.

L'évolutionnisme contemporain cherche essentiellement à expliquer la dynamique de firmes, de branches industrielles et de technologies. Il rejette une approche de la croissance fondée sur l'équilibre ou sur le développement au profit d'une analyse dynamique où le développement historique est considéré comme un processus cumulatif, source d'effets émergents et indéterminés. La principale caractéristique commune de l'évolutionnisme est « d'analyser les phénomènes économiques dans leur développement et leurs transformations au cours du temps » (Brette, 2003). Par ailleurs, l'approche évolutionniste, de par l'existence du phénomène de dépendance au sentier⁹, rend imprévisible le développement de la technologie, et potentiellement sous-efficient. Toutefois, en son sein, deux courants se disputent sur la prééminence de l'analogie biologique ou de l'importance de l'auto-organisation.

⁹ La dépendance au sentier est le fait que le développement de la technologie à l'instant t est dépendant des choix fait à l'instant $t-1$, eux-mêmes dépendant des choix les précédents (Dosi, 1982)

Le courant évolutionniste de l'économie s'inspire ainsi de la biologie (Niosi, 1995) — notamment basée sur Darwin — avec toutefois de nombreuses limitations, l'économie évolutionniste s'écartant fortement des thèses de la sociobiologie ou de la métaphore de l'organisme. Ainsi, les principales caractéristiques de l'évolutionnisme en économie relevées par Niosi sont 1) la rationalité limitée (Simon, 1955) de l'individu ouvrant la voie à l'apprentissage et à la recherche de la réduction de l'incertitude — ce qui se fait notamment à travers les institutions (Vanberg, 1993) — et non pas une recherche d'optimisation de la part des individus, mais plutôt de fouille, de compréhension d'un réel les dépassant. 2) L'économie évolutionniste ne se concentre pas sur un niveau d'analyse en particulier, mais sur plusieurs : individus, organisations, produits, technologies, routines. 3) Par ailleurs, la branche accepte une multitude de variétés de comportements, là où la version néoclassique de l'économie cherche LA bonne solution. 4) Toutefois, le marché agit comme processus de sélection, et crée en partant d'un ensemble de possibles un déterminisme basé sur la dépendance au sentier. 5) De là, des technologies, des acteurs ou des produits sortent gagnants leur donnant une importance encore plus grande à travers des rendements croissants au fur et à mesure de la domination du secteur. Enfin, 6) le hasard joue un rôle très important, l'évolution se faisant dans un univers chaotique.

Alors que les travaux des économistes éludaient la question de l'apprentissage à de rares exceptions près (voir par exemple Machlup, 1962), cette question nécessaire pour comprendre les différentes évolutions possibles des firmes est posée par les travaux des économistes évolutionnistes. Ils ouvrent ainsi la boîte de Pandore aux travaux menés sur les savoirs et servent de précurseurs à de nouvelles approches de l'économie basées sur la connaissance (Hatchuel, 1999) que l'on traitera à présent.

1.2. Une économie basée sur le savoir

La première section décrit les bases théoriques du système économique. Cette section présente le besoin du passage de ce système économique classique au système économique réel tel qu'il est vécu dans l'économie capitaliste contemporaine.

Une économie basée sur la connaissance modifie le fonctionnement des organisations, centrant ces dernières non plus sur une recherche d'efficacité et de productivité, mais sur l'innovation comme but, permettant à l'entreprise de créer de la valeur, avec les connaissances comme moyen d'arriver à cette innovation. Les savoirs permettent alors l'atteinte des objectifs stratégiques, que ces derniers soient financiers, de production, de diffusion, ou autres. Or l'organisation visant la productivité est trop souvent centrée sur l'administration des choses, là où l'organisation visant l'innovation doit pour atteindre son objectif se focaliser sur le gouvernement des hommes. La démarche est tout autre, et la logique du système managérial devrait changer en suivant les modifications du système économique.

Avec l'augmentation de l'importance de la technique, mais également l'importance grandissante des savoirs non techniques, l'emphase est mise sur la connaissance comme facteur premier de l'économie contemporaine. En ce sens, on peut parler d'économie basée sur le savoir qui représente une nouvelle conception de l'économie.

Pourtant la connaissance a toujours existé comme phénomène économique. Quelle distinction aujourd'hui ? C'est à la fois selon des considérations quantitatives — sa part relative dans l'économie (Abramovitz et David, 1973) — et qualitatives — les modifications des relations de travail et de la distribution internationale du travail se faisant sur une séparation cognitive, que l'on peut qualifier cette économie de différente de la précédente économie de type fordiste. L'informatisation n'a fait qu'accélérer le rôle du savoir comme facteur direct de production (Volle, 2011). Ainsi, simultanément à la mutation de la compréhension de ces phénomènes, ces derniers s'accroissent et se modifient notamment à travers l'apparition des technologies de l'information et de la communication. Cela rend possibles d'autres modes de transfert de l'information, et de nouvelles possibilités d'échange et de travail à travers la planète. Dans le même temps, et reliée à ces technologies, l'économie se financiarise. On assiste alors à une lutte des types de capitalismes reposant sur des idéologies distinctes. Avec notamment la montée de l'économie verte décrite à la section 1.3.

1.2.1. L'économie du savoir

L'économie du savoir est aussi souvent qualifiée de nouvelle économie. En fait, si ces termes peuvent signifier la même chose, il y a toutefois des nuances à effectuer. Le terme de nouvelle économie, introduit par Beck (1994), popularisé par l'hebdomadaire *News Week* (Mandel, 1996) reflète une vision proche des courants financiers, dont le but est de « gérer, sinon conjurer les effets profondément déstabilisateurs de la crise de rentabilité du capital, s'exprimant depuis près de vingt ans dans la spirale financiariste » (Blondeau, 2000). Pour l'auteur, cette expression dénote une tendance à la marchandisation du savoir, ce qui représente « le défi auquel sont confrontés les tenants de l'ordre néo-libéral » (Blondeau, 2000). À l'image de la thèse proposée par Castells (1998), il s'agit à l'avenir de concilier industrialisme s'inscrivant dans une logique de croissance économique et informationnalisme s'intégrant dans une logique de développement technologique et d'accumulation des savoirs. Cela passe non pas par la nouvelle économie, « version techno-remixée de notre bon vieux capitalisme fordien » (Blondeau, 2000), mais par une économie basée sur le savoir.

Toutefois, l'ampleur de celle-ci ne fait pas l'objet d'un consensus chez les économistes. Ainsi, si Stoffaës (2000, p. 254) met en parallèle les nouveaux réseaux avec les chemins de fer au XIXe siècle et avec l'électromania au début du XXe siècle, pour Didier (2000, p. 126) elle ne correspond qu'à une mode, un passage, l'histoire économique étant « depuis longtemps un enchaînement permanent de nouvelles économies ». Didier pose la question de savoir si la croissance des nouveaux secteurs s'ajoute à celle des secteurs traditionnels, ou si elle s'opère au moins en partie par substitution de nouveaux services à d'autres.

Selon Gadrey (2000, p. 20), la nouvelle économie relève plus du mythe que du modèle, car elle subit une épuration au travers de laquelle seules certaines caractéristiques idéalisées sont retenues. Ces caractéristiques de la nouvelle économie sont essentiellement transmises par « la presse économique et d'affaires, commentateurs de la bourse, personnalités politiques s'appuyant sur la presse économique, et réciproquement ». Foray (2009, p. 18) note que si « la connaissance a toujours été au cœur du développement économique », la principale

différence réside ici dans la forte augmentation de la proportion de capital intangible, et l'irruption des technologies de l'information et de la communication (TIC).

Ces TIC constituent pour Plihon (2004) l'essence d'une troisième révolution industrielle. L'auteur explique qu'elles ont un effet sur l'ensemble de la société, ainsi que sur les secteurs traditionnels de l'économie, via, ce que Sérieyx qualifie de double effet de cannibalisation (destruction de pans entiers d'activités) et de pollinisation (dynamisation des entreprises). Elles permettent d'accroître encore l'économie de service, voire d'effacer la frontière entre biens et services. C'est l'entrée dans l'économie de l'immatériel. Sur cette base, Rifkin développe la thèse de l'économie de l'accès où l'accès remplace la propriété, la location remplace l'achat (Rifkin, 2001) remodelant tout le paysage économique des sociétés modernes. Les objets deviennent ainsi mouvants. D'autres insistent sur les limites cognitives des individus pour parler d'économie de l'attention (Kessous et al., 2010), à l'image de Sterling « ce n'est même pas, en vérité, l'accès lui-même, mais les indications qui disent à quoi il faut accéder, — à quoi il faut prêter attention » (Sterling, 2000).

Ainsi, en se basant sur les TIC et le savoir comme ressources directes, et sur une dématérialisation comme conséquence de celles-ci, le nouvel objectif de l'entreprise devient la recherche de flexibilité (Plihon, 2004). D'où également l'importance du concept de réseau facilité par les TIC permettant la transversalité de l'information et poussant à de nouvelles structures managériales. Dans ce nouveau paradigme, les sources d'efficacité sont la créativité technique et le savoir-faire commercial. La gestion des connaissances devient essentielle (cf. Chapitre 2).

Au sein de cette nouvelle économie, on assiste à une importante montée en puissance de la finance, fortement liée aux TIC et au savoir (Plihon, 2004; Mouhoud et Plihon, 2009), car la finance fonctionne sur la base du traitement d'informations. Les TIC ont permis d'accélérer et de renforcer le rôle du système financier, qui lui-même a fortement contribué au développement de celles-ci.

Celles-ci ont ainsi pour effet un accroissement de la productivité du capital, car le capital informatique permet de produire plus à des coûts de plus en plus bas. Le paradoxe de Solow, à savoir que “le gain de productivité des TIC est très fort dans leur secteur, mais dans les secteurs traditionnels de l’économie, il est beaucoup moins important” ne tient plus. Trois hypothèses explicatives peuvent être avancées (Plihon, 2004) : 1) le gain de productivité serait d’ordre qualitatif et serait sous-estimé; 2) elles n’offriraient un gain de productivité que dans les entreprises qui ont su s’organiser autour d’elles ; 3) leur diffusion ne serait pas un phénomène immédiat en raison de l’inertie due au changement de technologie. Par ailleurs, les gains de productivité ont énormément augmenté depuis les années 70.

Information n’est pas synonyme de savoir, il y a dans la société contemporaine un risque de plus en plus grand que la surinformation tue l’information ou plutôt la connaissance, tant pour des raisons d’attention — l’information se succédant trop vite et étant souvent contradictoire ne produisant plus de sens — que pour des raisons cognitives, l’instantanéité modifiant la structure du cerveau et la capacité à traiter de l’information et en produire de la connaissance (Carr, 2009; Carr, 2011). Comme le note Jacquet, ce n’est pas l’abondance de l’information qui compte, mais la qualité et le traitement de cette information. Paradoxalement, en facilitant la circulation de l’information, les TIC peuvent avoir pour conséquence d’en détériorer la qualité, de faciliter la désinformation (Jacquet, 2000, p. 74).

D’où l’importante distinction entre information et savoir (cf. Chapitre 2), et l’importance de la notion du savoir dans l’économie.

1.2.2. Le savoir dans l’économie

Les principaux modèles économiques considèrent la connaissance comme moyen de recueillir et de traiter l’information requise pour faire des choix, ainsi que comme un actif contribuant à la production grâce à la compétence et l’innovation (OCDE, 2000).

Une telle économie reposant sur le savoir produit à la fois de nouveaux bienfaits et de nouveaux problèmes (Artus, 2000). Elle nécessite une accumulation du capital et une main-

d'œuvre qualifiée, mais soulève des enjeux sociaux (augmentation et accroissement des inégalités) et financiers (valorisation des entreprises).

Toujours selon le rapport de l'OCDE (2000), aussi bien les théories de l'économie classique qui considèrent l'accès à la connaissance comme universel, qu'à l'opposé, les principales théories de l'organisation qui voient la connaissance comme uniquement accessible à ces dernières font erreur. La relation au savoir se situe dans un entre-deux.

Contrairement aux conceptions classiques considérant la connaissance comme allant de soi, l'économie de la connaissance s'intéresse à la création et la diffusion du savoir (Foray, 2009, p. 59). D'autant plus que la connaissance possède trois caractéristiques spécifiques qui la différencient des objets économiques classiques : elle est non excluable (difficulté de contrôle du bien), non rivale (peut appartenir à plusieurs personnes) et cumulative (la connaissance engendre de nouvelles connaissances). Dans une logique d'économie de la connaissance, on ne peut se référer à l'idée économique selon laquelle le prix d'un produit doit tendre vers son coût marginal, puisque le coût marginal tend vers 0 (ou presque) (Plihon, 2004). Les TIC remettent en question des propriétés fondamentales de l'économie telle la transparence, le caractère exclusif de la consommation d'un bien et son caractère rival. Dans ce nouveau contexte, « on se trouve en présence de monopoles naturels et de biens publics » (Plihon, 2004), ce qui est éloigné des principes d'une telle économie des principes classiques de concurrence pure et parfaite, raison pour laquelle dans un contexte concurrentiel, les entreprises se différencient.

Toujours d'après Foray, d'un point de vue économique classique, la connaissance se trouve dans les départements de R&D et dans les universités. Il s'agit d'une production de connaissance délibérée. Mais pour l'auteur, au-delà de la vision économique traditionnelle, la connaissance se trouve aussi dans la pratique d'un processus, relevant d'une production de connaissance non délibérée (*learning by doing* ou *learning by using*, voir le chapitre 2).

Finalement, à l'instar de Foray il faut bien comprendre que le problème de l'économie de la connaissance est un problème de reproduction devant tenir compte de la capacité d'apprentissage, là où l'économie de l'information visait plutôt à protéger l'information.

1.2.3. Le capitalisme cognitif & mondialisation

À la différence de l'économie de la connaissance, que l'on peut voir comme la branche de l'économie se restreignant à étudier les changements dans les secteurs à forte teneur en connaissance, l'hypothèse à la base du capitalisme cognitif présente la nature même de l'économie comme étant en cours de modification.

Les fondements du capitalisme cognitif reposent sur le *general intellect* de Marx qui anticipe une économie fondée sur la diffusion et le rôle du savoir, où « Le capital œuvre ainsi à sa propre dissolution comme forme qui domine la production » (Marx, 1857-1858, p. 301). Pour Herrera et Vercellone (2002), le *general intellect* réorganise la division du travail au profit de l'intelligence collective des travailleurs du savoir. La force productive de l'homme est déterminée par sa compréhension, sa domination de la nature, ainsi que son existence en tant que corps social capable de produire des richesses. L'opposition entre travail et non-travail disparaît : « le temps de travail immédiat ne peut pas rester dans son opposition abstraite au temps libre » (Marx, 1867, vol. II, p. 323-324).

Le savoir devenant l'élément principal des forces productives de travail, « le capital fixe [devient] l'homme lui-même dans le cerveau duquel existe le savoir accumulé de la société » (Marx, 1867, vol. II, p. 199-200). La distinction entre capital et travail n'est alors plus pertinente (Herrera et Vercellone, 2002). Par ailleurs, le progrès technique devient de plus en plus collectif.

Avec le développement du savoir, on assiste à un passage d'une logique industrielle à une logique du savoir tel que présenté sur le Tableau 1.1 (Sveiby, 2000, p. 60) à la page suivante.

On assiste alors à une forme nouvelle de division du travail que l'on qualifiera de division cognitive du travail, succédant à la seconde révolution industrielle et sa division taylorienne. Ce type de division ne touche alors plus uniquement les métiers manuels, mais aussi ceux liés à la connaissance, donc tous types d'industries et de services. Rifkin (2012) en fait le fondement de sa troisième révolution industrielle, où l'économie « réelle » est transformée

dans son infrastructure même par les avancées rendues possibles par les TIC. Cette division cognitive favorise une redistribution du travail entre pays sur la base des coûts. On arrive alors à un renouveau des échanges et relations entre nations touchant au processus de mondialisation.

Tableau 1.1 - Passage de la logique industrielle basée sur la technique à la logique du savoir basée sur la connaissance (d'après Sveiby, 2000)

	Logique industrielle	Logique du savoir
Collaborateurs	Générateurs de coûts ou ressources	Générateur de gains
Source du pouvoir de l'encadrement	Niveau hiérarchique	Niveau de savoir
Conflits potentiels	Travailleurs physiques contre détenteurs du capital	Travailleurs du savoir contre décideurs
Principale tâche de l'encadrement	Superviser les subordonnés	Aider les collaborateurs
Information	Instrument de contrôle	Outil de communication, ressource
Production	Travailleurs physiques transformant des ressources matérielles en produits matériels	Travailleurs de savoir transformant des connaissances en structures immatérielles
Flux d'information	Hiérarchique	Réseaux informels
Forme principale des gains	Matérielle (agents)	Immatérielle (connaissance, nouvelles idées, nouveaux clients, R&D)
Freins à la production	Finances et compétences humaines	Temps et savoir
Forme de la production	Produits matériels	Structures immatérielles
Forme de la production	Mécanique, séquentielle	Induite de portée des réseaux
Relation avec les clients	À sens unique par les marchés	Interactives au moyen des réseaux
Savoir	Outils ou ressources parmi d'autres	Préoccupation majeure de l'organisation
Objectifs de formation	Utilisation de nouveaux outils	Création de nouveaux actifs
Valeur en bourse	Induite par les avoirs matériels	Induite par les avoirs immatériels
Économie	Rendements décroissants	Rendements croissants et décroissants à la fois

1.2.3.1. La mondialisation : retour historique sur le concept

Le phénomène de mondialisation n'est pas nouveau. Le processus actuel peut être considéré comme une troisième mondialisation, même si pour certains auteurs, il s'agit d'un même mouvement historique. La première mondialisation correspond au XVI^e siècle, aux grandes ouvertures du monde occidental sur le reste du monde. C'est l'époque du commerce avec l'Inde, la Chine, la découverte des Amériques en cherchant une voie plus rapide pour rejoindre l'Asie par l'ouest et non par l'est. La deuxième mondialisation correspond au XIX^e siècle. Cette fois, le Nouveau Monde tient un rôle plus important, mais pas majeur. En effet, cette phase de mondialisation, qui correspond à la colonisation, se fait beaucoup à l'intérieur de ces empires coloniaux, mais peu entre eux. Cette mondialisation prend fin avec le début de la Première Guerre mondiale. Il s'agit de l'aboutissement des nationalismes exacerbés, étape ultime de cette phase de mondialisation.

La mondialisation actuelle débute après la Seconde Guerre mondiale. Pour ne pas aboutir à un autre échec et à une autre guerre mondiale, les Nations unies sont créées, donnant des organes institutionnels visant à contrôler, à réguler la mondialisation. Toutefois, des compromis sont faits afin de ne pas arriver à l'échec de la Société des Nations (SDN) de la fin de la Première Guerre mondiale. Dans cette troisième mondialisation, on peut distinguer trois phases (Michalet, 2004) : 1) la première de 1945 jusqu'aux années 70 correspond au capitalisme industriel dans le monde capitaliste. 2) la deuxième correspond à un regain du libéralisme à travers le courant économique et politique qualifié de néolibéralisme, depuis l'époque Thatcher-Reagan, jusqu'à la chute de l'Union Soviétique. Enfin 3) la troisième — actuelle — correspond à l'hégémonie du capitalisme financier triomphant et à la transformation en un capitalisme cognitif.

On peut décrire ces étapes comme correspond aux trois phases internationale, multinationale, et globale (Michalet, 2004). 1) Dans la phase internationale, il y a ouverture des économies internationales aux transactions internationales. 2) La phase multinationale se caractérise par une plus grande mobilité internationale des facteurs de production (capital et travail). Cela passe notamment par une augmentation des investissements directs à l'étranger (IDE),

permettant le développement des pays émergents, mais entraînant une instabilité internationale. En effet, un investisseur étranger aura tendance à retirer ses fonds en cas de crise ou de risque de crise, ce qui favorise la spéculation au niveau international, et peut, par effet Pygmalion, véritablement créer une crise. Enfin, 3) la phase globale correspond à une interpénétration croissante des économies nationales, une baisse des régulations nationales et une importante déterritorialisation. Dans cette phase, des acteurs comme des entreprises peuvent se comparer, voire surpasser en taille financière des États. Le rapport de force ne se fait plus nécessairement à la faveur de ces derniers. Par ailleurs, les mécanismes de pouvoir dans l'entreprise — de par les théories de gestion financière — se centralisent dans les mains des actionnaires, c'est à dire des plus riches, et des investisseurs institutionnels (divers fonds d'investissement comme les fonds de pension). Là aussi, les liens avec les dominantes virtuelles et cognitives sont forts.

Pourquoi cette mondialisation ? Deux éléments de conjecture, l'une politique, l'autre économique. 1) Tout d'abord, à la fin de la Seconde Guerre mondiale, tout le monde veut éviter une nouvelle guerre encore plus dévastatrice. Pensant que le commerce adoucit les mœurs selon l'idée traditionnelle de Montesquieu, et qu'en rendant les pays dépendants les uns des autres, il semble évident qu'il faut favoriser le commerce. De la sorte, en cas de conflit, cela pousse les protagonistes à chercher une issue pacifique, plutôt qu'une issue guerrière qui pour Clausewitz correspond à de la diplomatie sous d'autres formes. 2) La seconde explication trouve ses origines dans l'idée ricardienne d'avantages comparatifs des nations, idée largement répandue chez les économistes, où les pays ont tout intérêt à échanger librement, car pauvre comme riche gagnent à cet échange.

On peut se poser la question du lien entre la mondialisation et le secteur aéronautique, étudié dans cette thèse. Celle-ci a des impacts sur celui-là, tant en aval, au niveau des transports, avec une augmentation de ceux-ci, et donc un agrandissement du marché de l'aéronautique civile, qu'en amont, sur la construction et la conception d'un avion. En effet, la division cognitive du travail transforme l'industrie, complexifie la conception et implique de nouvelles compétences transformant les acteurs, par exemple avec l'apparition des firmes pivots (voir le Chapitre 4).

La nécessité de régulations au niveau mondial s'imposerait donc, afin d'aller vers l'harmonisation des règles sociales et de protection de l'environnement. À défaut de pouvoir l'imposer, la question est donc de savoir jusqu'à quel point on peut envisager des barrières à l'importation de produits venant de pays ou régions du monde qui conservent des conditions d'emploi, de protection sociale et de protection de l'environnement trop éloignées des standards des pays les plus avancés.

1.2.3.2. Caractérisation de la mondialisation

Comment caractériser la mondialisation actuelle ? Cette simple question mériterait à elle seule toute une thèse. On dira simplement qu'elle correspond à la combinaison de deux facteurs ayant amplifié ses effets, permettant de rentrer dans la phase globale ou de capitalisme cognitif. Ces deux facteurs sont l'apparition des technologies de l'information et de la communication (TIC) et de la finance (Plihon, 2004). 1) Les TIC permettent d'accélérer les processus de transport et de service, déplaçant la variable importante de l'espace au temps. Ainsi, alors que l'on gagne de plus en plus de temps, on en a de moins en moins. Celui-ci devient vraiment un facteur critique, transformant l'individu moderne en individu hypermoderne (Aubert, 2003; Lipovetsky et Charles, 2004). 2) Le deuxième facteur est la finance, transformant le capitalisme industriel traditionnel en capitalisme financier, ce dernier s'étendant au niveau international (Albert, 1991). Les lois de la finance lui sont propres et ne reflètent pas nécessairement la réalité économique. Par ailleurs, le vieillissement général des populations des pays riches augmente l'accumulation d'actifs financiers au sein des investisseurs institutionnels, se servant de ce capital avec comme unique objectif sa fructification à court terme (Mouhoud et Plihon, 2009).

Savoirs, TIC et finance se combinent et se renforcent mutuellement, donnant leurs pleines mesures aux lois d'un capital débridé. En effet, la finance s'accommode très bien des technologies de l'information et de la communication, rendant celle-ci véritablement internationale, et par là même, favorisant encore plus la spéculation — d'autant plus lorsqu'à la suite des réformes néolibérales, le secteur financier a fait l'objet d'importantes dérégulations dans les 25-30 dernières années.

Ainsi, dans un contexte mondialisé, les transformations liées au capitalisme cognitif prennent deux directions décrites par Albert (1991) sous la forme de capitalisme rhénan (que l'on qualifiera de capitalisme industriel) et de capitalisme anglo-saxon (que l'on qualifiera de capitalisme financier).

Le *capitalisme industriel*, qu'Albert qualifie de modèle rhénan dispose d'une forte capacité industrielle tant en terme de quantité qu'en terme de qualité dans la majorité des domaines. À cela, trois raisons : une attention particulière portée à la production, des méthodes basées sur la formation de l'individu et non sur son utilisation (on rompt avec le modèle taylorien) et un fort niveau de recherche et développement. Ce comportement étant partagé par le plus grand nombre dans la société, Michel Albert parle alors de culture commune, dont les principaux traits sont la propension des ménages à épargner (ce qui permet de combler les besoins en investissements intérieurs et permet d'investir à l'étranger) et une économie vue comme importante par la population, l'entreprise y étant soutenue. D'ailleurs, les banques ne font pas qu'investir financièrement dans les entreprises, elles les accompagnent tissant une économie dense. L'entreprise « n'est jamais considérée comme la simple rencontre provisoire d'intérêts convergents, ni comme une simple 'machine à *cash-flow*'. Elle est au contraire conçue comme une institution, une communauté durable qu'il faut protéger. À charge pour elle d'assurer en retour la protection de ses membres » (Albert, 1991, p. 168). Dans le capitalisme industriel, la logique est celle de l'industrie. Un entrepreneur vise à créer le meilleur produit et à satisfaire ses clients et salariés, le profit est le moyen de survie.

Le *capitalisme financier* spéculatif - ou capitalisme anglo-saxon pour Albert - correspond à la version néo-classique de la conception du capitalisme, à savoir une version où la finalité tant de la société que de l'individu est le profit, qui reposant avant tout sur l'individu tout puissant au détriment de la société, vue comme stricte somme d'intérêts individuels. L'inégalité n'est pas un mal à combattre, car considérée comme légitime puisque constituant « un stimulant pour la compétition acharnée dont profitera, *in fine* la collectivité » (Albert, 1991, p. 178). Il s'agit d'une nouvelle orientation politique et économique qualifiée de néo-libérale, introduite avec l'arrivée au pouvoir de Margaret Thatcher au Royaume-Uni et de Ronald Reagan aux

États-Unis, qui ont transformé la politique économique de leurs pays respectifs, contribuant à instituer une nouvelle ère de la politique économique mondiale. Dans cette vision, la performance est source d'inégalité pour inciter les moins bien payés à progresser. Cette logique financière conduit à des dysfonctionnements importants en terme de management, de gestion des ressources humaines et de capacités d'innovation (Ebrahimi, 2002). Contrairement au capitalisme industriel, la logique du capitalisme financier vise comme objectif le seul profit. L'appareil productif n'est alors que le moyen d'arriver à ce profit. La baisse des salaires, la baisse de qualité, ou l'argent facile sont des moyens plus rapides d'arriver à cet objectif.

Là où le capitalisme industriel investi dans les moyens de production, dans l'optimisation de celle-ci et vise un rendement des investissements à moyen ou long terme, le capitalisme financier repose sur des investissements immatériels spéculatifs (immatérialité), une recherche de la maximisation des profits (maximalisme) et un rendement des investissements à court voire très court terme (immédiateté) (Bédard et al., 2011).

Cette financiarisation de l'économie a des incidences fortes sur la sphère managériale, déconnectant les dirigeants de la réalité de leurs employés et leurs clients au seul bénéfice des actionnaires de l'entreprise.

« Ce sont l'utopie des marchés efficients et sa traduction comptable, la "*fair market value*", qui ont entraîné une partie de la finance dans cet univers virtuel. Cette utopie est née d'une simple hypothèse formulée par un professeur de l'université de Chicago en 1970. Elle a entraîné une partie de la finance dans un monde parallèle dont le seul guide est le prix du marché. Les conséquences ont été d'autant plus lourdes que l'influence de ce courant a conduit les normalisateurs comptables à imposer aux entreprises un système fondé sur le principe dit de la "*full fair market value*" » (Pébereau, 2011).

Sur les trois critères 1) de degré de sécurité offert par chaque modèle à ses citoyens, 2) de réduction des inégalités sociales et la manière dont sont corrigées les plus criantes, 3) de faculté pour chacun de gravir les différents échelons socio-économiques, le capitalisme industriel est supérieur au capitalisme financier (Albert, 1991). Ainsi, l'efficacité économique n'est pas incompatible avec la justice sociale. Mais alors que le capitalisme financier se révèle moins efficace que le capitalisme industriel, ce dernier recule politiquement et idéologiquement.

Comment expliquer cela ? Par le fait que dans sa représentation du monde, le capitalisme financier est plus séduisant que son concurrent industriel : il a tout du western promettant aventure et passion face à un modèle de société certes stable, mais monotone voire possiblement ennuyeux. Pour Hirsch (1986) le capitalisme américain utilise les mêmes symboles culturels que les films hollywoodiens. Il s'agit d'une économie casino, où tout le monde rêve de gagner le gros lot, mais très peu y accèdent et beaucoup perdent — ce que peu savent. En quelque sorte, cette économie vend du rêve. En comparaison, « le modèle rhénan n'est pas sexy » (Albert, 1991, p. 232). Albert regrette que ce modèle séduise les managers et élites de nouvelles générations dans les pays sociaux-démocrates, même si depuis la crise de 2008, cette affirmation est sans doute en partie passée de mode. Par ailleurs, l'auteur ajoute que « le premier se présente comme rigoureux, transparent, intransigeant, vraiment professionnel ; l'autre au contraire est compliqué, un peu mou, opaque sinon obscur et mélangeant pour finir, dans une sorte d'amateurisme bien intentionné, les exigences sociales à côté des contraintes financières, des héritages du passé à côté des impatiences devant l'avenir » (Albert, 1991, p. 235).

Ainsi, le capitalisme financier avec son pouvoir d'attrait se propage à travers les médias (journaux, télévisions, mais aussi films et romans). En contrepartie du pouvoir qu'elle en tire, l'entreprise est dépendante des médias et doit jouer avec de nouvelles règles : « il ne lui suffit plus d'être, il lui faut paraître » (Albert, 1991, p. 222). Il est évident que dans ce rôle, le capitalisme financier est bien mieux armé que le capitalisme industriel, pour des médias cherchant à faire de l'audimat et du sensationnel, car eux-mêmes rentrant dans la logique de l'argent, au détriment de l'information et de la déontologie. Plutôt que de parler de capitalisme industriel et de capitalisme financier, on parlera de leurs logiques sous-jacentes, car le capitalisme en tant que tel est un objet bien difficile à définir (Saussois, 2011). On qualifiera ces deux logiques sous-jacentes de logique industrielle et de logique financière, à partir desquelles on peut ainsi construire le Tableau 1.2 illustrant l'opposition entre ces deux logiques.

Tableau 1.2 - Dualité logique industrielle / logique financière

	Logique industrielle	Logique financière
Moyen	Profit	Produit — Service
Finalité	Produit — Service	Profit

1.3. Développement durable : vers une économie verte ?

Le capitalisme vert est un concept en plein développement et donnant lieu à de multiples réflexions et investissements (Nora, 2009). Si on peut sérieusement mettre en doute l'existence actuelle d'un véritable capitalisme vert¹⁰, celui-ci correspond à un renouveau de la conception économique et un nouveau paradigme visant l'émancipation de l'individu et de l'espèce humaine en interrelation avec la nature (Combes, 2010).

L'idée de capitalisme vert repose sur le concept de développement durable. Celui-ci est, selon la formule qu'il est maintenant d'usage d'évoquer, un « développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs » (Brundtland, 1987, p. 54), selon le rapport des Nations Unies *Our Common Future*, plus connu sous le nom de rapport Brundtland. Alors que ce rapport de 318 pages est relativement riche sur les risques et problématiques sur des sujets aussi divers que la pêche, l'énergie ou encore la sécurité alimentaire, seule cette définition est retenue.

Pourquoi ? Peut-être par le flou portant notamment sur la notion de développement. Celle-ci, non définie, est suffisamment large pour recouvrir des conceptions antagonistes de ce terme, à savoir une conception écologique mettant l'accent sur la protection des écosystèmes, de l'environnement et des ressources naturelles, et une conception économique privilégiant le développement à long terme dans une perspective d'usage rationnel des ressources (Dilworth, 1994), ce qu'on retrouve chez Abraham et al. (2011) lorsqu'ils opposent développement

¹⁰ Les premiers à parler de capitalisme vert sont les journalistes et économistes néoclassiques cherchant à endogénéiser l'environnement dans le modèle économique.

durable et décroissance. Solé (2011) identifie cinq attitudes de la moins favorable à la plus favorable à l'environnement : 1) contre le développement durable et la décroissance, 2) pour un développement durable conservateur, 3) pour un développement durable critique, 4) pour la décroissance, 5) contre le développement durable et la décroissance mais pour un écosocialisme. Winner (2002) entrevoit quatre conceptions de la nature 1) comme réserve de biens économiques, 2) comme écosystème menacé, 3) comme source du Bien, 4) comme catégorie sociale.

La conception dominante demeure néanmoins la perspective économique du développement durable. Au-delà de la dimension économique et de la dimension environnementale, il convient de ne pas oublier la dimension sociale. Le développement durable correspond alors au point d'équilibre entre ces trois dimensions (Baddache, 2006).

En fait, la notion de développement durable pallie un manque dans la pensée occidentale moderne, et les conceptions erronées des économistes néolibéraux, aggravés par les révolutions industrielles reposant sur des conceptions idéologiques d'une nature comme source infinie de richesse, propriété de l'homme et que celui-ci est capable de maîtriser dans ses transformations et processus.

Passer d'une économie traditionnelle à une économie centrée sur l'environnement ou économie verte a de nombreux impacts sur l'organisation. 1) La mise en place d'outils économiques (taxes environnementales, marché du carbone, crédits d'impôt, etc.) vise à orienter les pratiques des entreprises pour les rendre plus acceptables sur le plan environnemental. Le but est d'endogénéiser l'environnement au sein du modèle économique. C'est le sujet de l'économie de l'environnement (voir par exemple Turner et al., 1994). 2) Cela peut également contribuer à donner une voix plus importante aux parties prenantes de l'organisation ayant des fins environnementales. Si certains auteurs pensent que cela se fait au détriment des performances financières de l'entreprise, plusieurs études montrent qu'une telle action contribue à l'atteinte de la stratégie poursuivie (voir par exemple Waddock et Graves, 1997 ; Williams et Siegel, 2000). 3) La firme peut également chercher par elle-même à diminuer ses impacts environnementaux négatifs, *a posteriori*, c'est-à-dire en modifiant son

processus habituel à la marge, ou *a priori*, en repensant son processus en intégrant des considérations environnementales à la base (voir la notion d'écoconception discutée au chapitre 3, section 3.4.2.2). Dans ces différentes perspectives, la connaissance peut être envisagée comme un moyen de verdir la production, donc d'améliorer le bilan environnemental de l'entreprise.

Le développement durable vise une volonté d'encastrement de l'économie en y rattachant l'environnement et le social. Cela donne naissance en économie néoclassique aux concepts d'externalité négative, de bourse des droits de pollution ou encore du principe du pollueur-payeur. Ces raisons, dénaturant l'idée originale, font dire à Georgescu-Roegen qu'« il n'y a pas le moindre doute que le développement durable est l'un des concepts les plus nuisibles » (Nicholas Georgescu-Roegen, correspondance avec J. Berry, 1991, cité par Duval, 2004).

1.3.1. Une économie contre nature

Le problème de la sphère économique, comme d'autres activités humaines, est de s'isoler des autres phénomènes de la biosphère. Pour Passet (1979), il est nécessaire de considérer ensemble les trois éléments que sont la sphère économique, la sphère humaine et la biosphère, car il s'agit d'une séparation contre nature, d'où naît un déphasage grandissant entre ce qui est réel et ce qui est théorique.

En prenant du recul sur la société humaine, son histoire et son économie, Passet observe quatre types de phénomènes : 1) le pouvoir de transformation d'une population croissante s'opposant aux phénomènes naturels : à l'augmentation de la population, s'ajoute en coefficient multiplicateur des équipements ayant des gains en puissance, en vitesse et en rendement ; 2) les mutations dans le cadre du développement économique s'opposant aux processus naturels. Les forces motrices provenant du travail humain, animal et naturel (eau, vent, etc.) se sont transformées avec la révolution industrielle, en utilisant les énergies fossiles et physico-chimiques. Il y a une dissociation des rythmes cosmiques. Par ailleurs, il y a une rupture géographique, avec l'apparition de zones à densités fortes : c'est la naissance de

la ville moderne¹¹ ; 3) l'accélération des rythmes s'opposant au temps d'adaptation nécessaire. Cette accélération a pour origine l'accumulation des savoirs, et l'interdépendance de secteurs se soutenant mutuellement et formant des boucles de rétroaction positive ; 4) l'humanité prendrait peu à peu conscience — avec cette croissance exponentielle — de la finitude du monde, ouvrant la voie à une autre idéologie et par là même, d'action possible. Mais ce n'est pas le premier changement d'attitude de l'humanité par rapport à la nature au cours de l'histoire, cette dernière étant passée d'une attitude de soumission (caractérisée en économie par les physiocrates) à une attitude de domination où l'homme a l'illusion d'une maîtrise de la nature avec la révolution industrielle, due aux profondes modifications que cette dernière a su amener. Ce troisième changement correspond à une recherche d'intégration entre ces deux attitudes contradictoires : « en raison même de l'efficacité des processus humains, cette redécouverte de la dépendance des hommes envers les phénomènes naturels ne saurait être envisagée comme le simple retour à une soumission aveugle à des forces magiques » (Passet, 1979, p. 37). C'est toutefois une voie que la pensée économique semble refuser de suivre, en se repliant sur sa logique interne, inversant les finalités et adaptant une attitude réductionniste.

1.3.2. Conception de la nature à travers la pensée économique

Avec l'école physiocratique et Quesnay, son initiateur, c'est avec la prééminence d'un Ordre Naturel s'imposant aux hommes à travers des lois naturelles que l'économie émerge. Le domaine de l'économie s'établit autour de ce qui est réellement produit, vu comme issue d'un patrimoine physique, la terre. L'économie physiocratique s'inspire de la biologie, et suivant une vision holistique des choses.

Avec les débuts de l'industrialisation, l'école classique libérale fait son apparition avec des économistes tels Smith, Ricardo, Malthus, Say, Mill. Bien que ces derniers raisonnent encore en termes de reproduction — le prix étant égal à la somme des coûts — cette dernière se limite maintenant aux facteurs de marché. Le facteur rare chez Smith n'est plus la terre, mais le capital. C'est lui qui limite la croissance. L'attitude de Say est révélatrice de la

¹¹ À mettre en parallèle avec centre-périphérie de Amin (1991).

transformation en cours : ce dernier voit les richesses naturelles comme inépuisables, car étant gratuites. Ce système de pensée économique se justifie par son propre équilibre, il n'a pas besoin d'explication pour s'établir comme vrai en-soi.

Avec la révolution industrielle, s'établit une véritable misère ouvrière, donnant lieu à l'apparition d'une contestation socialiste. Même si l'analyse marxienne, n'établit pas de dissociation entre l'économie et les phénomènes naturels — la production capitaliste épuisant ses deux sources de profit que sont les travailleurs et la nature — ce n'est toutefois pas cette analyse que l'on retient généralement de Marx, ce dernier ayant mis une emphase plus grande dans son analyse sur les contradictions internes du capitalisme.

Devant trouver une réplique à l'analyse marxienne, des économistes libéraux (par exemple Jevons, Menger, Walras) fondent une nouvelle école économique, l'école néo-classique, basée sur une nouvelle conception de la valeur fondée sur l'utilité et la rareté. Le marché y est soumis à un équilibre atemporel, le modèle n'étant désormais plus celui de la biologie, mais celui de la physique newtonienne¹². Par ailleurs, les phénomènes hors marché sont évacués de l'analyse économique. La coupure avec la réalité s'accroît, le « monde économique s'identifiant à la praxis trouve sa consistance propre et découvre en lui-même sa justification » (Bartoli, cité par Passet, 1979, p. 45).

Avec l'école néoclassique a lieu une véritable inversion des finalités : l'homme devient au service de la chose. C'est l'équilibre des choses mortes qui prédomine, et se réalise au détriment des hommes. Par ailleurs, la logique des valeurs s'oppose désormais à celle des réalités physiques.

Le courant néo-libéral contemporain se forme autour de la récupération par l'école néo-classique de l'analyse keynésienne. Partant de postulats de base — tel l'*homo œconomicus*¹³,

¹² Comme le laisse d'ailleurs fort bien entrevoir le vocabulaire employé en économie, où il est question de masse monétaire, de flux financier, de balance des paiements, etc.

¹³ L'*homo œconomicus* est sensé représenter « l'essence » supposée de l'être humain, bien entendu toujours rationnel et égoïste. Cet être humain déshumanisé construit par l'économie aurait gagné à être construit en partant des connaissances des autres sciences de l'homme, telle la psychologie, l'anthropologie, la sociologie, etc.

et de modèles mathématiques déduits de ces hypothèses, ce courant se construit avec une cohérence interne dans un univers dépouillé de tout détail, de toute réalité terrestre et humaine, fonctionnant en harmonie dans un idéal platonicien. Se crée ainsi une fausse image du réel emprisonnant les schèmes de pensée et déformant la réalité, pour se conformer à la théorie.

La projection du système sur les phénomènes hors marché — tels les biens collectifs, le progrès technique ou encore l'influence des activités des agents entre eux — aboutit à une impasse. Passet souligne que les effets externes ne sont pas pris en considération s'ils ne sont pas quantifiables et en même temps exprimables en monnaie, et que la nature ne se comporte pas suivant la logique économique, car soumise à des effets de synergie, de seuil, d'amplification, d'irréversibilité. La construction économique cherche un optimum social composé d'avantages et de désavantages considérant que l'équilibre social comme agrégation d'individus¹⁴.

Ainsi, le champ économique souffre avant toute chose de sa recherche d'autojustification, de son réductionnisme et de sa volonté de projection du conventionnel sur le réel. Or si l'économie est si critiquable, ce n'est pas tant pour sa tentative de recherche de la réalité, même basée sur des postulats faux, que pour sa volonté de justification du champ politique menant à l'action destructrice.

¹⁴ La société est alors vue comme étant la somme des individus, et n'ayant plus de caractéristiques propres, ne prenant pas en compte le fait que l'homme est un avant tout un animal politique (Aristote).

1.3.3. Luttres entre économie et nature

L'économie — dans sa conception dominante néoclassique — et la nature se retrouvent donc en conflit — de fait — sur plusieurs fronts, car en ayant tendance à casser les boucles de régulation interne, et en allant à l'encontre du mouvement de diversification et de complexification de la nature, en ne tenant pas compte de la nature de complexité des systèmes (les systèmes simples, complexes, hypercomplexes n'ayant pas les mêmes propriétés) ainsi que de leur état de stabilité (stabilité simple, ultrastabilité, multistabilité), l'économie adopte un comportement suicidaire et destructeur. En effet, la complexification et la diversification sont des facteurs de stabilisation, auxquels s'opposent les lois économiques de maximisation. On notera quatre conflits différents. Le premier est dû au fait que l'environnement est un bien collectif, mais est soumis à la logique de la gestion privée, chacun profitant gratuitement de l'environnement, sans tenir compte de ce que font les autres. Le phénomène agrégé est destructeur. L'environnement étant à la fois source de richesse matérielle (bois, matières premières, etc.) et immatérielle (satisfaction esthétique, repos, etc.) ce sont les secondes qu'il conviendrait de privilégier sur les premières pour assurer leur reproduction.

Le deuxième conflit trouve pour origine le raisonnement économique : alors que le milieu naturel assure sa perpétuation suivant des mécanismes interdépendants et circulaires, tant au niveau de l'inanimé que du vivant, l'économie privilégie quant à elle un raisonnement linéaire suivant un schéma cause-conséquence. Ce raisonnement mène à des actions non compatibles avec les modalités naturelles. Les conséquences 1) au niveau des prélèvements (*input*) sont la maximisation des flux, et la rupture des stocks naturels, et 2) au niveau des rejets (*output*), une rupture des mécanismes naturels de régulation.

Le troisième conflit oppose le rythme économique 1) aux rythmes écologiques. Le premier est bref — de par la durée de la vie humaine —, et contracté — par la dépréciation du futur s'effectuant par l'actualisation. Le second n'est ni l'un, ni l'autre, or « lorsqu'une activité humaine se trouve en présence de plusieurs rythmes, c'est toujours le plus lent qui doit, sous peine de rupture, gouverner la marche de l'ensemble » (Passet, 1979, p. 77). Le taux de

contractualisation élevé tend quant à lui à privilégier les rendements immédiats sur les rendements différés dans le temps. Par ailleurs, le rythme économique s'oppose également 2) aux rythmes biologiques, en imposant le rythme de la machine à l'homme, sur le plan de la durée, de la cadence et de la structure de ses rythmes, sans tenir compte des rythmes nycthémeraux et circadiens auxquels est soumis l'homme sur le plan biologique, et aux rythmes de la vie familiale et de la vie en société.

Le dernier conflit oppose la volonté de simplification de l'économie à la stabilité écologique. En effet, il faut souligner l'aptitude d'un système à se reproduire dans le temps fonction de sa diversité, aux différents niveaux de l'individu, de la population et des écosystèmes, là où les lois économiques chercheront à sélectionner les espèces les plus efficaces¹⁵.

Plus qu'une nécessité humaine ou qu'une fatalité démographique, tous ces conflits relèvent d'une conception idéologique et politique du monde et de ce qui est généralement qualifié de « représentation néolibérale ». Cette représentation vise à élever la sphère économique (dans une conception centrée sur les seuls échanges marchands) au-dessus des sphères sociales et environnementales.

1.3.4. Redéfinir une économie verte

Au développement durable, Cato (2012) oppose l'économie verte, avec comme idée maîtresse de ne pas chercher un équilibre entre trois dimensions « égales » économique, sociale et environnementale, mais à reprendre la hiérarchie nécessaire à ces trois dimensions : l'économie repose sur l'existence d'une société, et la société vit au sein d'un environnement (voir la Figure 1.2).

¹⁵ Passet donne l'exemple de la sélection des espèces bovines donnant la meilleure viande et le meilleur lait, ce qui provoque le passage du nombre d'espèces en France de 21 en 1939 à 7 en 1972.

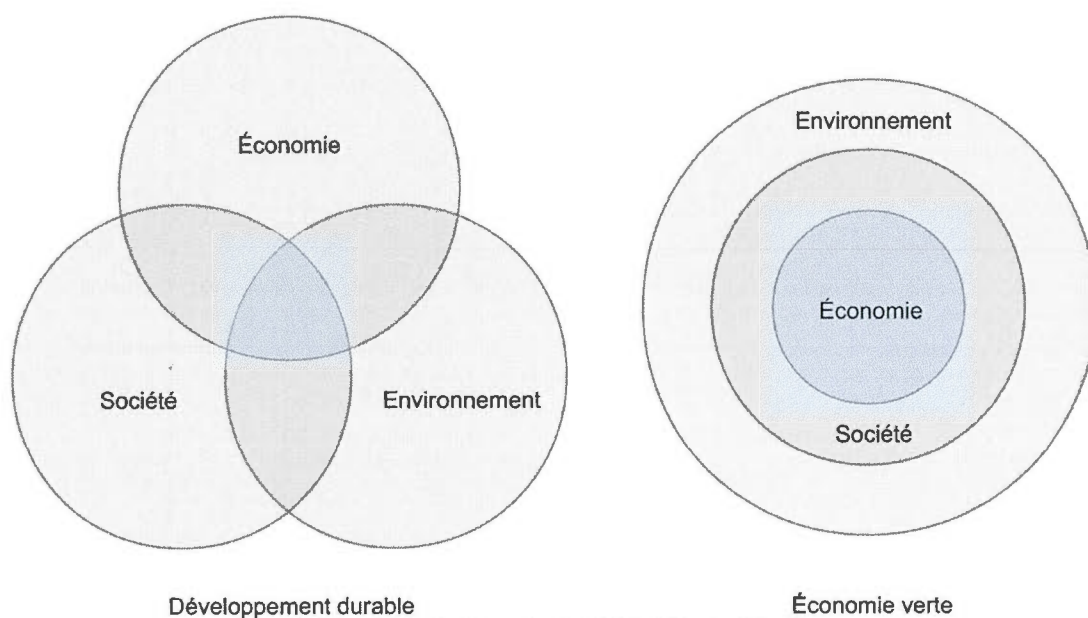


Figure 1.2 - Développement durable et économie verte

Pour construire une économie verte sur des bases solides telle l'approche suivie par les physiocrates, il est nécessaire de prendre en considération les spécificités biologiques précédemment évoquées, ainsi que les spécificités physiques, avec l'avantage contemporain de tous les progrès effectués tant dans le domaine des sciences économiques que dans le domaine des sciences physiques, qui ont beaucoup progressé depuis Quesnay. C'est ce que cherche à faire Georgescu-Roegen rebâtissant l'économie sur la base de la thermodynamique, branche des sciences physiques apparue au XIXe siècle. Elle correspond en quelque sorte à une physique de la valeur économique. La Loi de l'entropie¹⁶ devient la plus économique de toutes les lois physiques. En considérant l'économie d'un point de vue physique, il est nécessaire de raisonner suivant les lois de la physique thermodynamique considérant l'économie comme absorption et rejet de matière-énergie.

Dans cette perspective entropique, un organisme vivant lutte contre sa propre entropie, afin de la maintenir constante tout au long de sa vie. La loi de l'entropie peut à juste titre être considérée comme étant la racine de la rareté économique. Dans cette perspective globale, « la véritable défense de l'environnement doit être centrée sur le taux global d'épuisement

¹⁶ L'entropie est la quantité d'énergie liée, ou quantité d'énergie dégradée. Georgescu-Roegen définit l'entropie comme « une mesure de l'énergie inutilisable dans un système thermodynamique » - (Georgescu-Roegen, 1995, p. 56)

des ressources » (Georgescu-Roegen, 1995, p. 85) et « le véritable produit économique du processus économique n'est pas un flux matériel de déchets, mais un flux immatériel : la joie de vivre » (Georgescu-Roegen, 1995, p. 60).

Si cette perspective d'une économie verte à du mal à être acceptée dans la société, et plus encore chez les économistes, c'est pour Georgescu-Roegen parce que dix mythes formant la représentation du monde moderne dominant et empêchent les économistes d'accepter ces idées. Tout d'abord, quatre mythes physico-biologiques : 1) celui du mouvement perpétuel de première espèce, qui consiste à croire qu'il est possible de mouvoir une chose sans consommer d'énergie et de deuxième espèce qui consiste à croire qu'il est possible d'utiliser la même énergie continuellement. Il s'agit de la croyance en la réversibilité de l'entropie, que « les lois sur lesquelles nous fondons la finitude des ressources accessibles seront réfutées à leur tour, comme cela est arrivé à plusieurs lois naturelles » (Georgescu-Roegen, 1995, p. 77), ou sous une forme plus élaborée que la loi de l'entropie ne consiste pas en une irréversibilité absolue, mais en une conversion fortement improbable, que l'homme finira par maîtriser. Ce mythe mène à l'idée de la contrebande d'entropie ; 2) celui d'océans constituant une réserve de minéraux presque inépuisable, mythe vigoureusement dénoncé par les géologues ; 3) celui d'une substitution perpétuelle, où il serait possible de remplacer un élément rare par un autre élément moins rare aux propriétés similaires ; 4) celui d'une possibilité de diminuer la pollution tout en continuant à consommer selon le modèle actuel. À ces quatre mythes physico-biologiques, il faut ajouter ces trois mythes économiques : 5) celui d'un monde stationnaire, dans lequel une population constante mettrait fin au conflit écologique de l'humanité ; 6) celui de l'égalité entre le prix et le coût s'appliquant aussi en terme d'entropie, or « dans le contexte de l'entropie, chaque action, de l'homme ou d'un organisme, voire tout processus dans la nature, ne peut aboutir qu'à un déficit pour le système total » (Georgescu-Roegen, 1995, p. 68) ; 7) celui d'un « mécanisme des prix [qui] peut pallier toute pénurie que ce soit de terre, d'énergie ou de matière » (Georgescu-Roegen, 1995, p. 70). Suivent deux mythes technophiles : 8) celui de l'homme réussissant toujours « à trouver de nouvelles sources d'énergie et à les asservir à son profit » (Georgescu-Roegen, 1995, p. 60) ; 9) celui de la puissance technique, cette dernière étant sans limites. Elle progresse de façon exponentielle, ce qui impliquerait une absence de limite. Enfin, 10) le

mythe philosophique, englobant et expliquant plusieurs des autres mythes : l'immortalité de l'humanité en tant qu'espèce.

Aktouf (2002) relie le problème macroéconomique au modèle de l'entreprise, qui cherche à effectuer un profit maximal dans un marché autorégulé et toujours en concurrence illimitée. En empruntant à la théorie générale des systèmes — car toute organisation peut être considérée comme un système évolutif et ouvert —, à la physique thermodynamique, et à l'économie, l'auteur montre l'équivalence énergie-travail-transformation.

Par l'opposition entre d'une part les systèmes vivants où, la quantité d'énergie entrante est nécessairement plus grande que la quantité d'énergie sortante, de par la seconde loi de la thermodynamique, et d'autre part la théorie de l'entreprise, où la quantité d'énergie sortante est supposée être plus importante que la quantité d'énergie entrante, Aktouf fait ressortir une contradiction irrésoluble. Se pose alors la question de la provenance du profit, qui correspond à une quantité de travail et donc d'énergie supplémentaire, ce qui correspond à un contre sens physique. En effet, dans la théorie de l'entreprise, « tout se passe comme si on "créait" la quantité d'argent dénommée profit, comme une nouvelle quantité d'énergie [...] s'ajoutant, pour ainsi dire quelque part, par rapport à la quantité d'énergie des entrées, au lieu d'en être, en toute logique thermodynamique, soustraite, puisque suite aux transformations impliquées par le travail il y a forcément dégradation d'énergie. » (Aktouf, 2002, p. 226), car l'argent étant gagné par le travail, celui-ci correspond à une certaine valeur (fluctuante) de travail, et donc par l'équivalence travail-transformation-énergie, à une quantité d'énergie. En utilisant les instruments économiques classiques, cette opposition ne peut ni s'exprimer, ni se comprendre, d'où la nécessité de recourir à une analyse autre.

La technophilie pousse à la croyance en l'arrivée d'une nouvelle source d'énergie (énergie solaire, fusion nucléaire) résolvant les problèmes évoqués. Mais ce n'est pas là l'essentiel, car le véritable problème correspond moins aux sources d'énergie utilisées, que la façon dont elles le sont. En effet, même en considérant une source d'énergie quasi illimitée (par exemple la fusion nucléaire), à long terme, cela ne fait que repousser l'échéance de l'idéologie économique qui en cherchant à toujours produire épuisera les stocks et provoquera une

grande quantité de pollution. Ainsi, c'est la viabilité de l'activité économique (telle qu'elle existe présentement) qui représente une impossibilité : « le modèle de développement basé sur l'extension de la "libre entreprise" et du "libre marché autorégulé" à l'ensemble de la planète ne rencontre pas seulement des difficultés d'application [...] que l'on pourrait surmonter par des ajustements techniques, il est purement illusoire et idéologique, car il repose des postulats impossibles » (Aktouf, 2002, p. 239).

Par ailleurs, les pertes ne se soustraient pas au profit tel que le préconiserait la logique économique, mais auraient au contraire tendance à s'additionner, car profits comme pertes augmentent l'entropie globale. En effet, ce n'est pas le mode de production de l'argent qui est en cause, mais l'usage qui en est fait. Or l'usage fait par le spéculateur a des répercussions entropiques plus importantes que celle de l'artisan ou du fournisseur de service¹⁷. C'est donc bien le capitalisme, dans sa forme financière, qui est le destructeur en terme d'énergie gaspillée.

C'est la raison pour laquelle Aktouf postule que l'approche thermodynamique est à même d'éclairer d'un jour nouveau les crises du capitalisme (telle celle de, 1929). « Cette approche "thermodynamique" de l'activité spéculative peut éclairer la spirale bien connue, mais si mal comprise [...] inflation, chômage, récession, stagflation ou surchauffe » (Aktouf, 2002, p. 244). Pour que cette analyse prenne sa réelle ampleur, il est néanmoins nécessaire de prendre en considération le système économique global, puisque la faible inflation¹⁸ des pays du Nord s'explique par celle galopante des pays du Sud.

Pour contrer cette analyse, les tenants du libre marché se sont appuyés sur la théorie du chaos de Prigogine, où l'ordre se forme à partir du désordre, aboutissant ainsi à un système d'équilibre. Mais Aktouf (2002) soulève trois contre-arguments à cette tentative de sauvegarde du patrimoine économique libéral : 1) la provenance de la nécessaire énergie

¹⁷ Cela est à mettre en parallèle avec la distinction marxienne entre services marchands et services non marchands.

¹⁸ L'inflation est à prendre non « sur les seuls prix, mais aussi sous la forme, concrète, du rapport entre un certaine quantité de travail et une certaine capacité de se procurer biens et services » (Aktouf, 2002, p. 245)

« externe au système », 2) la non-correspondance entre les entités étudiées par Prigogine — des molécules — et l'être humain dont les propriétés sont bien différentes et beaucoup plus riches, 3) la non-garantie de la présence humaine dans le nouvel état équilibre.

Kempf (2011; 2013) appelle à sortir de cette vision où de grandes compagnies, par les biotechnologies et les nanotechnologies, améliorent les rendements sans changer le rapport à la nature, et sans toucher aux problèmes de l'économie capitaliste contemporaine. Cela correspond à de mauvaises réponses à de vrais problèmes. Il est temps de prendre conscience de l'épuisement minéral et fossile pour établir un nouveau rapport avec la biosphère, afin de s'harmoniser avec le rythme du vivant, les capacités. Pour lui, ce passage passe par une mondialisation des consciences à travers l'émergence d'une conscience humaine commune que les êtres humains appartiennent au même monde, à la même société, et que la survie de l'espèce est liée à l'environnement, ce que Rifkin (2012) croit possible à travers une augmentation de l'empathie humaine à travers le temps.

Pour transformer l'économie, on peut distinguer trois approches différentes, qui ne sont pas nécessairement contradictoires entre elles : l'approche basée sur le marché type bourse au carbone (approche économique) ; l'approche étatique et technologique où l'État finance et commande de grands projets visant à transformer l'infrastructure et le cadre économique existant (approche *top-down*) ; l'approche reposant sur les initiatives sociales, de relocalisation d'activités, de développement d'échanges directs, d'augmentation du domaine des biens communs à la propriété intellectuelle sur le modèle des logiciels libres et des licences *creative commons* (approche *bottom-up*) (Combes, 2010).

Conclusion du chapitre

Le système économique contemporain est basé sur les théories classiques ayant donné lieu aux théories néoclassiques et à la logique financière du capitalisme contemporain. Celui-ci nécessite une réforme afin de s'adapter à l'infrastructure économique contemporaine et aux nécessités actuelles et à venir. Les deux voies de transformation observées dans ce chapitre reposent 1) sur une intégration de l'économie basée sur le savoir issu des travaux théoriques

des économistes évolutionnistes et sur les défis de la montée de la connaissance comme force de travail directe. La deuxième réforme nécessaire vise 2) à verdir l'économie, c'est-à-dire à la rendre plus propre, compatible avec les lois de la nature, de la physique et de la biologie en se basant sur les travaux issus du développement durable pour mettre en place une économie verte. Ces transformations sont illustrées sur la Figure 1.3.

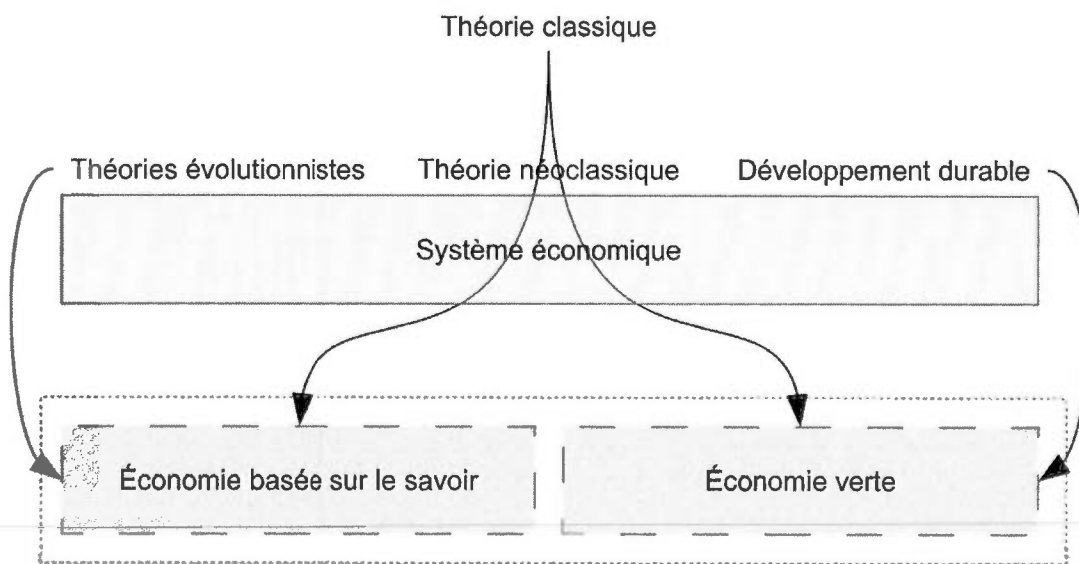
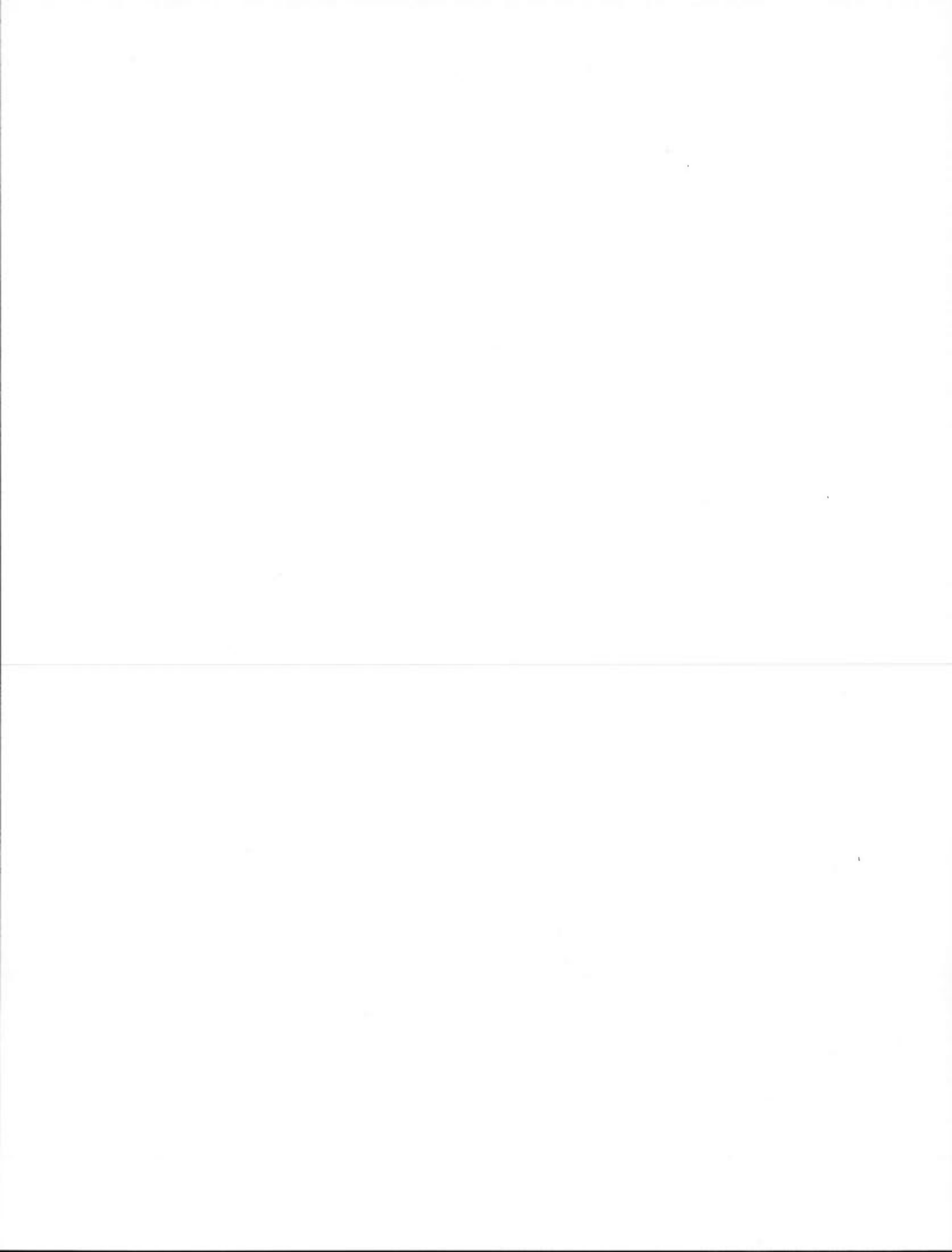


Figure 1.3 - Une nécessaire transformation du système économique

De ce point de vue, et toujours dans une perspective macro, il y a probablement un lien à faire entre ces deux transformations contemporaines que sont l'économie basée sur le savoir et l'économie verte. On peut supposer que la première permette à la seconde de relever les défis de la transformation de l'infrastructure économique, alors que la seconde donne les moyens à la première de changer la technostructure en place dans la société.

En effet l'économie verte a besoin de modifier l'infrastructure de la société, par exemple en décarbonisant l'économie, c'est-à-dire en cherchant à réduire la teneur en carbone de l'utilisation de l'énergie. Il s'agit d'un enjeu majeur et nécessitant de grands développements tant en matière technologique que dans le domaine du développement de nouveau savoir. En cela, l'emphase mise sur la connaissance permet de relever ces défis.

Dans l'autre sens, l'économie basée sur le savoir nécessite de repenser les modes d'organisation et de prise de décision pour orienter la société et les organisations vers l'innovation et le développement de connaissances. En cela, l'orientation donnée par l'économie verte amène des défis rendant ces changements nécessaires et leur donnant une plus grande acceptabilité que le simple objectif de développement de connaissances ou d'innovations en tant que tel.



CHAPITRE 2

LA GESTION DES CONNAISSANCES : UNE AFFAIRE D'HOMMES ET DE COMMUNAUTÉS

Dis-moi ce que tu sais, je te dirai qui tu es.

Après avoir présenté dans le précédent chapitre les tiraillements présents au sein du système économique, ce chapitre s'intéresse à la traduction au sein du système managérial de l'importance grandissante de l'économie basée sur la connaissance, à travers la gestion des connaissances au sein de l'organisation. Dans ce contexte, la connaissance présente la possibilité pour une entreprise de se démarquer à travers de nouveaux services et/ou produits. Ainsi, avec la montée en puissance de l'économie du savoir (Foray, 2009), il convient de se questionner sur les pratiques des organisations. Contribuent-elles à la création, au transfert, à la circulation de savoirs, à l'apprentissage de ses membres et *in fine* à l'innovation ? On entre ici dans le domaine de la gestion des connaissances, dont on adoptera la définition suivante : il s'agit d'

[...] un processus d'apprentissage, de création, de transformation, de circulation des savoirs explicites et tacites dans un contexte donné, effectué par les hommes, intégrés dans les différents processus de l'organisation, soumis à la logique managériale en vigueur. Elle est cumulative et non rivale (Ebrahimi et Saives, 2006).

Quand il est question de gestion des connaissances, l'organisation ne représente pas nécessairement le niveau d'analyse le plus intéressant pour observer la connaissance. Ce chapitre présente les unités actives de connaissances dans le but de comprendre les principaux mécanismes et actions de celle-ci. Les deux autres niveaux étudiés sont les individus et les communautés. Le chapitre suivant traitera du niveau inter-organisationnel.

Dans un premier temps, on présentera deux conceptions de ce qu'est la connaissance (section 2.1), et les deux courants de gestion des connaissances qui en découlent (section 2.2). Par la suite la section 2.3, interrogera l'unité active de connaissance, qui en dernier ressort se révèle

être l'individu. Toutefois, si c'est effectivement l'individu qui porte le savoir, celui-ci se trouve embarqué dans un regroupement d'êtres humains — sous la forme de communautés de savoir — qui sont amenés à favoriser, à stimuler, à supporter la création, à distinguer des équipes de projet. On s'interrogera également sur les frontières entre individus, entre communautés, ce qui amènera à une autre forme de conception de l'organisation, comme communauté de communautés.

2.1. Ce qu'est la connaissance

Les grecs considéraient neuf formes de savoir (Beeby et Booth, 2000 ; Schwartz, 2006) qu'étaient l'*eidos* qui se réfère à la validité, la *doxa* qui représente les opinions et croyances, la *noësis* se référant à la vérité, la *pistis* représentant la connaissance provenant d'abstraction, l'*épistémè* désignant la connaissance abstraite généralisante, la *techné*, connaissance permettant l'accomplissement d'une tâche, la *phronesis* où sagesse sociale, la *mêtis*, connaissance proche de la ruse, du flair et la *noûs* relevant de l'intuition.

Authier fait la distinction entre le Savoir et les connaissances : alors que pour l'auteur, la connaissance se lance à la découverte de choses non connues, le Savoir lui amasse des données toutes faites (Authier, 1998). Le Savoir a donc une vocation encyclopédique là où la connaissance se situe à la frontière du dit savoir. Cette séparation entre connaissance et savoir relève toutefois d'une vision extrêmement positiviste, qui s'accorde mal à la gestion des connaissances telle qu'on l'a définie, aussi on parlera indistinctement de connaissances et de savoirs comme deux termes identiques. On préférera la conception présentée par Nonaka et Takeuchi, qui estiment que « la connaissance est profondément enracinée dans l'action et l'expérience d'un individu autant que dans ses idéaux, ses valeurs et ses émotions » (Nonaka et Takeuchi, 1997, p. 26). Ces auteurs précisent plus loin que « les impressions, intuitions et soupçons hautement subjectifs font partie intégrante de la connaissance. La connaissance couvre aussi les idéaux, les valeurs et émotions autant que les images et les symboles » (Nonaka et Takeuchi, 1997, p. 27). On peut dire que la représentation du monde d'un individu influence les connaissances. Le postulat fondamental dont partent les auteurs, et repris dans cette recherche est que « la connaissance humaine est créée et étendue au travers

de l'interaction sociale entre connaissances tacites et explicites » (Nonaka et Takeuchi, 1997, p. 81). En raison des liens entre créations de connaissance et valeurs et idéaux humains, la connaissance ne peut alors être « capturée », comme modèle causal normatif (Nonaka et Toyama, 2005). Dans cette conception, la connaissance n'est pas quelque chose d'absolu et d'infailible, mais plutôt une construction en cours, toujours incomplète et reliée aux personnes — et non désincarnée.

En sociologie de la connaissance, dans *the Social Role of the Man of Knowledge* de Znaniecki (1968), l'auteur fait la distinction entre trois types de connaissances : 1) la *connaissance technique* renvoyant à la matière, se faisant par expérience. Quatre rôles de techniciens y renvoient à quatre niveaux par ordre croissant de connaissances : a) le conseiller technique — à l'origine le prêtre, b) le leader technologique ou technocrate, c) l'expert technologique qui rassemble des connaissances sur un sujet précis pour le *prince*, d) l'inventeur indépendant, jouant un rôle moins reconnu socialement, mais pourtant essentiel. Le deuxième type de connaissances est 2) la *connaissance de « bon sens »*, qui renvoie à la société, et est indispensable à toute vie collective. Elle prend racine dans les faits et gestes de tous les jours. Le troisième type de connaissance est 3) la *sagesse*, qui englobe les systèmes intégrateurs des deux autres types de connaissances. À cela, s'ajoute une quatrième catégorie, 4) qui est le *Savoir sacré* et absolu. Aussi intéressante que soit cette typologie, celle-ci se révèle difficilement applicable dans la perspective d'une approche empirique. Elle présente néanmoins l'avantage de distinguer entre le savoir au sens restreint qui correspond au premier type de connaissance, et la connaissance au sens large regroupant avec les trois autres types, qui représente à peu près le savoir tel que cela a été présenté.

Courant du XXe siècle, Polanyi (1966) propose une autre typologie en distinguant deux types de connaissances complémentaires, largement reprise en science de la gestion. D'un côté, la *connaissance explicite* qui correspond à une connaissance mesurable, exprimable aisément en mot ou en chiffre, et donc plus propice à la codification. De l'autre, la *connaissance tacite* est ce qui est connu, mais difficilement exprimable. C'est ce qui fait dire à Polanyi que « nous savons plus que nous pouvons exprimer ». Ainsi, il n'est pas nécessaire de savoir expliquer faire du vélo par des matrices inertielles pour savoir effectivement en faire. Cette

catégorisation est largement reprise dans le domaine de la gestion des connaissances (par exemple Nonaka, 1994; Nightingale, 1998; von Krogh, Nonaka, et Ichijo, 2000), notamment suite aux travaux de Nonaka comme cela sera présenté plus loin. Elle s'avère en effet extrêmement pratique tant dans la compréhension que dans l'action. On soulignera dès à présent l'importance des connaissances tacites, qui s'accroissent par le biais de réseaux informels (Senker, 1995), et sont d'une grande importance dans les organisations. Ainsi, on pourra par exemple citer Haas et Hansen (2007) qui démontrent dans une étude sur 182 entreprises de consultation que le partage de connaissances codifiées sous forme de documents électroniques permet de diminuer le temps d'une tâche, sans en augmenter la qualité ou les signaux de compétence pour le client. À l'inverse, le partage de conseils personnels — correspondant à des savoirs tacites — permet d'améliorer la qualité du travail ou les signes de compétences pour le client, sans sauver du temps. Connaissances tacites et connaissances explicites sont donc toutes les deux extrêmement importantes et ni l'une, ni l'autre ne doit être négligée.

Collins (2010) précise la distinction de Polanyi en différenciant trois types de connaissances tacites : 1) les connaissances tacites relationnelles (RTK pour *Relational Tacit Knowledge*), à savoir les choses que nous pouvons décrire si quelqu'un nous pousse à faire l'effort de les décrire. Elles sont développées au contact des autres, et donc le niveau le plus intéressant pour les observer est le groupe. 2) Les connaissances tacites somatiques (STK pour *Somatic Tacit Knowledge*) représentent les choses que nous savons faire à travers nos gestes, mais que nous ne pouvons pas décrire. Elles sont liées à l'individu. 3) Les connaissances tacites collectives (CTK pour *Collective Tacit Knowledge*) qui sont issues d'un savoir collectif (comme les règles de langage). Ces connaissances relèvent du niveau sociétal.

Garud (1997) propose une autre typologie, complémentaire, distinguant trois types de savoirs : 1) le *know-how* qui représente la compréhension du comment de la chose, 2) le *know-why* qui représente pour celui qui détient ce savoir la compréhension de son pourquoi (pourquoi avoir choisi telle solution et pas telle autre), 3) le *know-what* qui correspond à une bonne appréciation du type de phénomène qu'il faut poursuivre (pour arriver à résoudre le problème, il faut aller dans cette direction). Pour l'auteur le mode traditionnel de découpage

des organisations empêche les savoirs de se féconder, d'où l'importance de reconnecter des silos de connaissances isolés. À ces trois formes de savoirs, on pourrait ajouter un quatrième (4), en s'inspirant de divers travaux sur les réseaux (par exemple Powell, 1990; Latour, 1997), que l'on nommerait le *know-who*, consistant en la connaissance des personnes, de ce qu'elles font, de ce qu'elles savent, d'être capable de mobiliser un réseau social. L'avantage de cette typologie est de permettre de se représenter concrètement au sein d'une organisation ou d'une communauté.

Par ailleurs, ces deux typologies — bien que différentes — permettent de déterminer deux propriétés fondamentales liées aux connaissances : la localisation et l'embarquement. 1) La connaissance est localisée dans le sens où elle n'est pas présente partout, mais est liée à des personnes et des problèmes spécifiques. 2) Par ailleurs, elle est embarquée, car elle est liée à l'action, aux technologies utilisées, à l'expérience, et donc aux mécanismes d'essais-erreurs.

Il n'est pas inutile de faire un bref rappel de quelques-unes de ses caractéristiques économiques les plus remarquables déjà présentées dans le chapitre 1 : 1) elle est non excluable, c'est-à-dire qu'il est difficile de contrôler la détention de la connaissance ; 2) qu'elle est non rivale, la connaissance pouvant appartenir à plusieurs personnes à la fois sans en priver aucune ; 3) elle est cumulative, la connaissance ayant la capacité d'engendrer elle-même de nouvelles connaissances (Foray, 2009). Suivant que la connaissance soit explicite ou tacite, le transfert de connaissance et sa diffusion se font plus ou moins facilement. Ces caractéristiques font de la connaissance un « bien économique » fort différent des autres biens matériels — la notion de rareté (à la base de l'économie néoclassique) ne s'appliquant plus, à moins de la réinsérer artificiellement, et au détriment des avantages que possède la connaissance.

Ainsi, à travers ces différentes typologies, caractéristiques et compréhensions de la connaissance — briques de base dans la nouvelle économie (Foray, 2009; Floricel et Miller, 2003) — on voit la complexité que cette dernière peut représenter. Il est possible d'adopter deux attitudes par rapport à cette complexité : vouloir la simplifier en la découpant en tranche disciplinaire dans une perspective utopique visant à mieux la comprendre, l'analyser ; ou

apprendre à naviguer dans cette complexité, à jouer avec, tout en sachant qu'irréremédiablement, la réalité nous dépasse. Cette seconde solution choisie par plusieurs auteurs en gestion des connaissances (par exemple Nonaka et Takeuchi, 1997; Eisenhardt et Santos, 2002) s'inscrit dans une perspective empirique, utilisable par le praticien. En fait, ces deux approches reposent sur deux conceptions de la nature du savoir.

Deux conceptions du savoir

Le savoir dans l'épistémologie occidentale est généralement considéré selon une forme se voulant objective, insistant plus sur la dimension justification du savoir que sur sa véracité (Nonaka et Takeuchi, 1997). Deux tendances s'y opposent caractérisées d'un côté par le rationalisme (Platon, Descartes, Kant, etc.) c'est-à-dire la prédominance de la pensée sur les faits, de l'autre par l'empirisme (Aristote, Lock, Marx, etc.) qui représente cette fois l'emphase mise sur les faits plutôt que sur les idées. Dans les deux cas, seule *la connaissance vraie, justifiée, objective* est étudiée. Depuis Platon, la philosophie sépare la connaissance commune de la connaissance scientifique qui est la *vraie connaissance*. C'est dans cette filiation que l'on retrouve le criticisme de Kant, ou le positivisme de Comte (Barreau, 1992).

Cette conception s'accommode assez bien à la vision behavioriste décrite par Piaget qui explique que dans ce courant, « [...] les connaissances consistant essentiellement en informations tirées du milieu (expérience acquise), sous forme de copies du réel et de réponses figuratives ou motrices aux stimuli sensoriels (schéma S -> R), sans organisation interne ou autonome » (Piaget, 1967, p. 10).

Toutefois, cette vision semble simpliste, voire désuète, notamment si l'on se base sur la psychologie du développement. Piaget se détourne de cette conception, car pour lui, « les connaissances ne partent, en effet, ni du sujet (connaissance somatique ou introspection), ni de l'objet (car la perception elle-même comporte une part considérable d'organisation), mais des interactions entre sujets et objets et d'interactions initialement provoquées par les activités spontanées de l'organisme autant que par des stimuli externes » (Piaget, 1967, p. 39). Cette représentation de la connaissance correspond assez bien à la représentation

orientale, où la connaissance est vue à travers la nature, le corps, l'être (Nonaka et Takeuchi, 1997). Elle y est comprise sous un aspect beaucoup plus subjectif que dans la tradition occidentale, où la connaissance est conçue comme une croyance vraie justifiée, laissant croire à une connaissance idéale, vraie, et donc une possibilité d'objectivité. Dans cette seconde conception, la connaissance ne peut exister sans subjectivité humaine et son contexte entourant l'humain. Il n'est dès lors pas possible de considérer les humains comme de vulgaires ressources — ni même comme un capital humain. Ils ne sont pas les éléments remplaçables d'une machine sociale plus importante — qu'on la nomme organisation ou société —, mais des êtres uniques, différents les uns des autres, chacun apportant ses spécificités. En raison des liens entre connaissances, valeurs et idéaux humains, le savoir ne peut être « capturé » comme modèle causal normatif. La connaissance n'est pas quelque chose d'absolu et d'inaffable, contrairement aux visions traditionnelles, mais quelque chose de toujours incomplet, en construction.

C'est cette seconde conception qui est adoptée dans cette thèse. Ainsi, si l'information comme la connaissance ont toutes les deux rapport à une signification, la connaissance se distingue de l'information sur deux points : 1) la connaissance requiert une croyance, une adhésion, 2) la connaissance concerne l'action (Nonaka et Takeuchi, 1997). L'information est « un flux de messages alors que la connaissance est créée par ce flux d'information et est ancrée dans les croyances de celui qui la détient » (Nonaka et Takeuchi, 1997, pp. 77-78). Par ailleurs, le savoir possède quelque chose de plus que l'information : il renvoie à sa capacité de générer et d'extrapoler lui-même de nouveaux savoirs et informations (Foray, 2009).

Tenant compte de cette dernière conception, pour comprendre la connaissance, il est nécessaire d'adopter une perspective multidisciplinaire à l'instar de l'analyse de Morin dans sa Méthode :

« [...] la connaissance ne saurait être réduite à une seule notion, comme information, ou perception, ou description, ou idée, ou théorie ; il faut plutôt concevoir en elle plusieurs modes ou niveaux, auxquels correspond chacun de ces termes.

D'autre part, toute connaissance comporte nécessairement a) une compétence (aptitude à produire des connaissances) ; b) une activité cognitive (cognition) s'effectuant en fonction de cette compétence ; c) un savoir (résultant de ces activités. [...] La connaissance est donc bien

un phénomène multidimensionnel dans le sens où elle est, de façon inséparable, à la fois physique, biologique, cérébrale, mentale, psychologique, culturelle, sociale » (Morin, 1986).

À travers le temps et la modernité, l'institutionnalisation de la science, les disciplines se sont séparées les unes des autres, ne dialoguant plus entre elles, créant de la sorte une véritable pathologie du savoir, celui-ci en perdant son unité et par là même son sens (Gusdorf, 1966, p. 7). L'épistémologie ainsi proposée par Gusdorf vise à retrouver une certaine unité.

Ces connaissances se retrouvent donc à la fois au fondement de l'individu et enchevêtrées au sein de réseaux de connaissances, formés de ces individus porteurs de connaissances, soutenus par des communautés de savoir (voir la section 2.3).

2.2. Deux conceptions de la gestion des connaissances

En gestion des connaissances, il est souvent question d'organisations apprenantes, de communautés, de systèmes intégrés de connaissances et autres concepts assez spécialisés. Si ces notions sont certes intéressantes, voire pertinentes pour nombre d'entre elles, elles portent à travers leurs niveaux élevés de conceptualisation le risque d'oublier que le détenteur de savoir reste l'individu. Or, celui-ci est souvent le grand oublié du monde de l'organisation, passant du statut de fin en-soi à simple moyen de subsistance de l'organisation. Ainsi, à travers la gestion des connaissances, il y a la possibilité de réintégrer l'être humain au sein de l'entreprise, et avec lui ses croyances et visions du monde. Toutefois, il ne s'agit que d'une potentialité, car si certains courants en gestion des connaissances placent l'homme et la dimension sociale au cœur de leurs théories, d'autres courants voient une connaissance « déshumanisée » comme étant l'élément fondateur de vastes systèmes. C'est ainsi deux courants qui s'opposent avec — tel que Mailhot et al. le définissent (Mailhot et al., 2007) — d'un côté une organisation experte possédant des savoirs pour la plupart explicites, se devant de les transmettre en son sein, et pour ceci reposant largement sur les technologies de l'information et de la communication (TIC). De l'autre côté, l'organisation d'experts se focalise plus sur les connaissances tacites détenues par ses membres et sur leurs circulations à travers le réseau social de l'entreprise. Le découpage entre ces deux courants repose en partie

sur ces conceptions antinomiques de la connaissance. Présenter ces deux courants permettra de se positionner dans l'un de ceux-ci.

2.2.1. L'organisation experte, domaine de la technologie

L'organisation experte fait référence à une vision de l'entreprise dominée par la rationalisation des processus et de la technologie. L'humain est présent, mais en arrière-plan comme rouage de la machine-organisation. Cette approche s'intéresse au *Knowledge Management Systems* (KMS) ou système de gestion des connaissances, qui représente l'infrastructure — souvent en terme de TIC — utilisée au sein de l'organisation. Ainsi, une infrastructure de savoir en entreprise est définie par Maier et al. comme étant

1) une plateforme compréhensible de TIC 2) pour la collaboration et le partage de connaissances 3) avec des services avancés de savoirs construits, qui sont 4) contextualisés, intégrés sur la base d'une ontologie partagée et 5) personnalisés par les participants embarqués dans des communautés 6) qui favorise l'implémentation d'instruments de gestion de connaissances 7) pour le support de processus de connaissances 8) dont le but est l'augmentation de la productivité du travail fondé sur le savoir (Maier, Hädrich, et Peinl, 2005, p. 73).

Pour ces auteurs les instruments de gestion des savoirs sont spécifiquement une part des TIC. Ainsi, on pourrait donner l'exemple de Balmisse (2005) qui présente différents outils permettant de gérer technologiquement le savoir en se basant sur le processus SECI (voir la Figure 2.4, section 2.3.2.3). La socialisation est permise par des outils de *groupware* et de localisation d'expertise, l'externalisation correspond à l'utilisation d'outils de *chat*, de *mailing-list*, d'*e-learning*. Pour la combinaison, un ensemble d'outils de *data mining*, *text mining*, *information mining*, *data mart*, *data warehouse*, thesaurus et réseaux sémantiques sont utilisés. Enfin, le *text mining*, les outils de cartographie de connaissances et le *e-learning* sont présentés comme outils visant à l'internalisation. Ces outils sont accompagnés d'une conception épurée de la connaissance, extrêmement formelle puisque la connaissance K y est présentée comme étant égale au produit de $I \times U$ avec $I = D + C$, soit $K = (D + c) \times U$ où le 4-uplet (C, D, I, U) représente respectivement (le contexte, les données, l'information, l'utilisation).

Les derniers courants de ce type d'approche parlent alors d'organisation 2.0 (Roulleaux-Dugage, 2007), se basant sur les outils informatiques qualifiés de Web 2.0, et tentent d'en faire l'élément marquant une révolution au sein de l'organisation, qui permettrait en tant que telle l'émergence d'une intelligence collective (Zara, 2005). Or si ces instruments apportent indéniablement un plus, ils ne représentent qu'une face bien partielle de la gestion des connaissances, car ils ne traitent pas de la dimension tacite du savoir. Il demeure tout à fait envisageable d'étudier des communautés virtuelles ou technologiques en se basant sur une approche moins centrée sur la technologie, et plus centrée sur l'humain (voir par exemple Blum et Ebrahimi, 2007).

Si ce type d'approche présente un certain nombre d'intérêts, comme une plus grande efficacité dans la recherche de document, il faut néanmoins reconnaître qu'elle n'est pas en soi suffisante. Il s'agit plus de gestion de l'information, ou de gestion des infrastructures informatiques de connaissances que de gestion des connaissances à proprement parler. En la confondant avec la gestion des connaissances en tant que telle, on peut induire en erreur, car il ne s'agit certainement pas d'apprentissage ou de pratique de gestion des connaissances, mais plutôt de supports, d'infrastructures qui certes peuvent être (très) utiles, mais qui peuvent concentrer tous les efforts sur l'infrastructure informatique au détriment de l'essentiel, tel que — par exemple — la culture du partage dans l'entreprise.

De plus, cette approche véhicule généralement une image de l'homme comme rouage interchangeable de la grande machine qu'est l'organisation. Cette vision est récurrente en théorie de la décision (Déry, 1990), et correspond à une conception rationaliste que Déry décrit comme l'un des deux courants récurrents traversant le champ des sciences de l'administration s'opposant au courant émancipatoire, visant à rendre l'individu plus libre (Déry, 2007). Cette thèse s'inscrit dans ce second courant, à présent décrit.

2.2.2. L'apprentissage organisationnel comme base de l'organisation d'expert

La gestion des connaissances se base initialement sur les travaux autour de l'apprentissage organisationnel. On peut séparer les auteurs du champ de l'apprentissage organisationnel aux

auteurs du champ de la gestion des connaissances, la seconde école s'étant regroupée comme une forme de divergence par rapport à la première (Scarbrough et Swan, 2001). Ainsi, dans la première école de pensée, on a tendance à considérer comme contradictoires les activités de travail — se voulant efficaces — l'apprentissage et l'innovation. Ces trois domaines sont généralement vus comme des îlots séparés, n'ayant pas d'attache entre eux. Dans cette conception, il est courant d'opposer exploitation à exploration (March, 1991), rendant important la transformation de *core capabilities* en *core rigidities* (Leonard-Barton, 1992). En opposition avec cette conception, les auteurs dans le champ de la gestion des connaissances ont plutôt tendance à concevoir cette dernière comme le ciment entre ces trois pôles, leur permettant d'interagir les uns avec les autres, se renforçant mutuellement.

Pour donner un rapide aperçu d'un champ contenant une multitude de travaux importants (pour plus d'informations, le lecteur pourra consulter ces revues de littérature : Dodgson, 1993; Wang et Ahmed, 2003), on pourrait dire que c'est avec Penrose (1959) que débute l'étude de l'apprentissage organisationnel, avec le courant des ressources. Elle est l'une des premières à s'intéresser non pas à l'entreprise comme une boîte noire, mais à tenter de la comprendre de l'intérieur. De ce fait, elle prend en considération la capacité des ressources (celles-ci peuvent être des machines ou des individus). Par la suite, nombre d'auteurs affineront cette analyse. Ainsi, Cyert et March (1963) apporteront le concept de routines organisationnelles comme base d'apprentissage collectif dans les organisations. Dans la lignée de Penrose, les économistes évolutionnistes Nelson et Winter (1982) intègrent la connaissance organisationnelle et les routines avec la notion d'environnement compétitif dynamique. Argyris et Schön (1978) s'intéressent quant à eux aux mécanismes d'apprentissage en simple boucle et double boucle (voir section 2.3.1.2). Cohen et Levinthal (1990) introduisent la notion de capacité d'absorption organisationnelle. Brown et Duguid (1991) modifient la conception de l'organisation avec la notion de communautés de pratique, qui permettent d'unifier apprentissage et innovation en liant les niveaux individuels et organisationnels de connaissance — qui seront décrites plus loin.

L'apprentissage organisationnel se joue à plusieurs niveaux — ce qui fait du réseau un outil conceptuel adapté, plus précisément un outil conceptuel multiniveau. Beesley (2004) identifie

différentes formes d'apprentissage au niveau organisationnel et inter-organisationnel, au niveau du groupe et au niveau de l'individu. Ces apprentissages sont interdépendants, et le rôle des émotions et des valeurs y est central dans les réseaux d'apprentissage. Beeby et Booth (2000) réalisent un modèle conceptuel d'apprentissage multiniveau en réseau (voir la Figure 2.1), basé sur le modèle de Coghlan (1997). Le premier niveau est individuel, le second se situe au niveau des groupes ou communautés, et le troisième entre communautés, au niveau organisationnel. Ces trois niveaux s'intègrent au sein de l'organisation. Les deux niveaux suivants sont inter-organisationnels : le niveau 4 concerne des entreprises directement en lien, alors que le niveau 5 relève d'agrégations d'organisations, comme des grappes industrielles, de villes, ou même des régions ou nations. Cette représentation en cinq niveaux est particulièrement intéressante. Les trois premiers niveaux sont détaillés dans la suite de ce chapitre, les deux derniers dans le chapitre suivant.

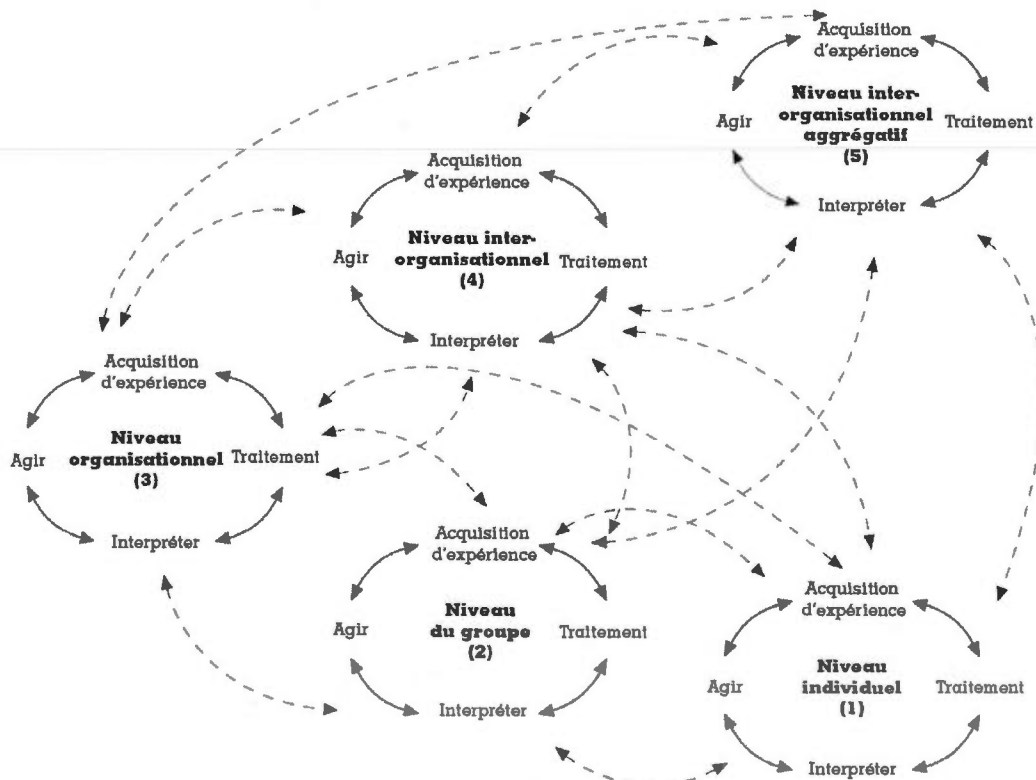


Figure 2.1 - Modèle conceptuel multiniveaux d'apprentissage (d'après Beeby et Booth, 2000)

Pour Lundberg (1995) il y a convergence des différents auteurs sur l'apprentissage organisationnel sur les points suivants : 1) il s'agit d'un apprentissage qui vaut plus que la somme des apprentissages individuels, 2) il forme une double-boucle ou métaapprentissage, 3) il réunit des activités organisationnelles et des processus cognitifs. De la même façon, les caractéristiques convergentes reconnues de l'organisation apprenante sont 1) la présence de mécanismes de *monitoring* environnemental, 2) une structure organique décentralisée et 3) une pénétration par des cultures qui valorisent l'apprentissage.

Dans cette perspective, la gestion des connaissances est avant tout un processus humain, se faisant dans un réseau d'humains. La technologie peut y jouer un rôle, mais elle n'est qu'un support à la création. « La connaissance est profondément enracinée dans l'action et l'expérience d'un individu autant que dans ses idéaux, ses valeurs et ses émotions [...] les impressions, intuitions et soupçons hautement subjectifs font partie intégrante de la connaissance. La connaissance couvre aussi les idéaux, les valeurs et émotions autant que les images et les symboles » (Nonaka et Takeuchi, 1997, pp. 26-27). À la base de ce modèle, il y a le postulat fondamental que « la connaissance humaine est créée et étendue au travers de l'interaction sociale entre connaissances tacites et explicites » (Nonaka et Takeuchi, 1997, p. 81).

Le parti pris ici est — comme cela a déjà été énoncé — le développement de l'individu comme base du savoir dans l'organisation. Aussi, on décrira à présent ce véritable porteur de connaissances au sein de l'organisation qu'est l'être humain, puisque c'est en dernière analyse celui-ci qui détient le savoir.

2.3. Trois niveaux d'analyse

Dans cette section, on traitera de la gestion des connaissances au niveau de l'humain, du groupe et de l'organisation.

2.3.1. *L'être humain : le véritable porteur de connaissances*

À présent que le champ à étudier a été restreint en éliminant la perspective de l'organisation experte au profit de l'organisation d'experts — ceci découlant notamment de la conception de la connaissance effectuée en section 2.1, il est temps d'étudier plus avant l'être humain, qui est le véritable porteur de connaissances (niveau 1 sur la Figure 2.1). En ce sens, on peut le qualifier d'unité active de connaissance. En effet, si les organisations peuvent favoriser les mécanismes d'apprentissage, de transfert et de création, anticiper d'éventuels problèmes, c'est bien l'être humain qui reste, celui qui détient le savoir. À ce niveau d'analyse, plusieurs éléments sont à prendre en considération. On dira qu'il faut voir en l'individu celui qui sait, celui qui apprend et celui qui crée. Procéder de la sorte, permet de spécifier en quoi et pourquoi l'individu est effectivement l'unité active de connaissance.

2.3.1.1. L'individu qui sait

On rappellera tout d'abord que l'« individu est, par définition, un être biopsychosocial [...] Si l'on peut étudier l'individu selon un de ces trois axes, en réalité il est toujours difficile de ne pas tenir compte des deux autres » (Chanlat, 1990, p. 15). Ainsi, pour comprendre véritablement l'individu, il faut faire appel aux disciplines de la biologie, de la psychologie et de la sociologie. L'apprentissage et la connaissance ne font pas exception :

(1) le savoir est un élément à la fois de socialisation, et nécessitant la socialisation (Nonaka, 1994). Les cas d'enfants sauvages retrouvés le montrent bien : sans socialisation et apprentissage à des stades de développement clé, il est ensuite impossible d'apprendre pour ces enfants.

(2) La psychologie est un élément déterminant des savoirs et apprentissages, ce qui a en partie déjà été traité à la section 2.1 à travers la psychologie du développement de Piaget. Par ailleurs, Simon montre l'importance du jeu dans les mécanismes de création en se basant notamment sur les travaux de Winnicott (Simon, 2002). Ainsi, le jeu favorise la créativité, notamment au sein des organisations modernes (Prensky, 2003), tel qu'observé par Simon chez Ubisoft (Simon, 2006), où des dynamiques ludiques émergent dans les rapports au travail, favorisant — entre autres — l'apprentissage permanent par assimilation, la création par jeu de construction sur un mode de « copier-coller », ce que l'auteur appelle un bris-collage.

(3) Enfin, la compréhension par la biologie est aussi déterminante, puisque l'Homme apprend et mémorise à travers son cerveau, organe composé de neurones reliés entre eux, et que plus que le nombre, ce sont les multiples connexions, grâce notamment aux neurones intermédiaires qui font l'intelligence et forment la créativité selon une approche factorielle¹⁹, et regroupant trois types de cerveaux travaillant ensemble : le reptilien, le limbique et le néocortex (MacLean, 1990). a) Le cerveau reptilien ou cerveau archaïque est le siège des instincts, des fonctions vitales (respiration, rythme cardiaque, etc.). Ce cerveau ne possède qu'une mémoire à court terme de l'ordre de plusieurs secondes à quelques minutes. Ainsi, une même stimulation produira un même effet pour ce cerveau. Il s'agit — en quelque sorte — du cerveau correspondant à la conception behavioriste stimulus-réponse, sans effet d'apprentissage. b) Le cerveau limbique est le cerveau des émotions, et le lieu de la mémorisation. Il permet l'adaptation à l'environnement social à travers l'empathie, le statut social, etc. Par ailleurs, la mémorisation à long terme permet les automatismes et donc une forme d'apprentissage socioculturel. Ici encore, ce cerveau répond à la conception behavioriste avec apprentissage. c) Le néocortex possédant une plasticité et une souplesse supérieure aux deux autres cerveaux. Il manipule « de l'information qui a déjà reçu un traitement très sophistiqué » (Rose, 1975). C'est le siège de la pensée, et notamment de la création puisque contrairement aux deux autres cerveaux, ses réponses peuvent être inattendues et originales (c'est notamment le lieu de l'imaginaire). Cela est dû au grand nombre de connexions dans cette partie du cerveau chez l'Homme, permettant un traitement

¹⁹ n idées donnent n! combinaisons possibles

supérieur des différentes informations. L'apprentissage donne lieu à un modelage de ce cerveau, à une véritable structuration (au sens propre) de ce dernier, utilisant beaucoup le mimétisme social à travers l'usage des neurones miroirs (Rizzolatti et Sinigaglia, 2011). Cette partie du cerveau est également capable de faire des associations entre éléments mémorisés, en les combinant et les recombinaut à l'infini, jusqu'à être capable de créer des structures nouvelles et donc de s'auto-organiser. C'est aussi le lieu du langage. Il a par ailleurs la possibilité d'inhiber les deux autres cerveaux. Ici le behaviorisme n'est plus de mise.

Ainsi, la capacité de création, d'apprentissage, de diffusion de nouvelles connaissances est basée sur les structures cognitives interagissant avec les niveaux biologique et social des individus. Les recherches sur la mémoire suggèrent que plus celle-ci est diversifiée et possède des concepts, des objets, des idées diverses, plus les individus seront capables de combiner ces différentes connaissances pour en créer de nouvelles. Par ailleurs, le sens est dégagé par la densité des relations entre les différentes informations, et leurs organisations.

Pour développer la capacité de création ou d'absorption, l'intensité de l'effort fourni est très importante (Cohen et Levinthal, 1990). Par ailleurs, l'apprentissage est cumulatif et sa performance est fonction du fait que l'objet de celui-ci soit en partie déjà connu. Il est ainsi plus difficile d'apprendre dans des domaines nouveaux ou mal connus, et au contraire plus aisé d'apprendre dans des domaines où l'individu possède déjà un certain nombre de connaissances. Ainsi, plus l'on en sait sur un sujet, plus il est aisé d'en savoir encore plus, mais la contrepartie est la surspécialisation, empêchant le dialogue avec d'autres personnes ayant un regard différent sur l'objet en question. Ici déjà se pose la question de la frontière permettant le dialogue, sur laquelle on reviendra à la section 2.3.2.3.

2.3.1.2. L'individu qui apprend

Pour Argyris et Schön (1978), l'apprentissage peut se faire à deux niveaux différents qu'ils nomment simple et double boucle d'apprentissage (voir la Figure 2.2). Là où la première boucle modifie uniquement les actions conduisant à des conséquences non désirées (basée sur une vision *behavioriste* de l'individu), la double boucle modifie les valeurs étant à la base de

ces actions. Ainsi, le véritable apprentissage ne se situe pas au niveau de la première, mais de la seconde boucle, modifiant la compréhension de la personne, son appréhension de la chose et donc son action.

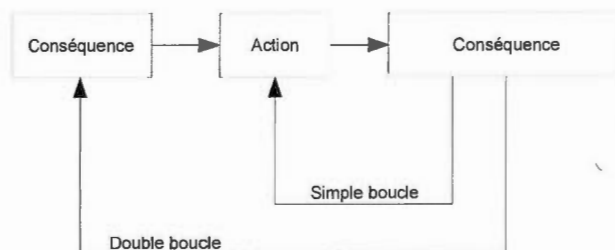


Figure 2.2 - Simple et double boucle d'apprentissage d'après Argyris et Schön

En effet, s'il est vrai que l'être humain apprend par conditionnement — ce que Pavlov (1963) nomme le premier système de signalisation —, le langage et la pensée consciente rendent l'être humain capable de se placer à un deuxième niveau de signalisation (qui se situe au niveau des significations et des valeurs) correspondant à la seconde boucle. De par la complexité de ce second niveau, celle-ci est plus dure à étudier selon des méthodes d'analyse linéaire (Chanlat, 1990). Elle nécessite de prendre en considération la complexité inhérente à l'être humain.

Par ailleurs, pour reprendre Zollo et Winter (2002) on peut voir trois différents processus d'apprentissage : l'accumulation d'expériences, l'articulation de savoirs, et la codification de connaissances. À noter que le processus de codification de connaissances requiert le développement de modèles mentaux et l'existence d'un langage dans lequel cette connaissance peut être articulée (Prencipe et Tell, 2001). En se basant sur les processus de Zollo et Winter, Prencipe et Tell (2001) répertorient et classent quant à eux dix types d'apprentissage (voir le Tableau 2.1).

Tableau 2.1 - Différents types d'apprentissage D'après Prencipe et Tell (2001, p., 1378).

Accumulation d'expérience	Articulation de savoirs	Codification des connaissances
Apprentissage en faisant	Apprentissage en reflétant	Apprentissage en (ré)écrivain
Apprentissage en utilisant	Apprentissage en pensant	Apprentissage en implémentant
	Apprentissage en discutant	Apprentissage en répliquant
	Apprentissage en confrontant	Apprentissage en adaptant

L'apprentissage ne se fait pas isolément de la pratique, bien au contraire, il y est intrinsèquement lié (Brown et Duguid, 1991). Pour Powell et al. (1996), l'apprentissage se fait au sein d'un réseau.

Une autre notion importante de l'apprentissage est la capacité d'absorption, définit Cohen et Levinthal (1990) comme étant « l'aptitude à reconnaître la valeur de l'information nouvelle, à l'assimiler, et à l'appliquer à des fins commerciales [...] ». Il s'agit en quelque sorte de la capacité d'assimiler, de comprendre et de reconnaître des connaissances intéressantes, puis de les transformer en applications concrètes. Celle-ci peut être individuelle ou organisationnelle, qui en fait se situe plutôt au niveau de la communauté, ce regroupement permettant d'entretenir la capacité d'absorption de ses membres. On peut distinguer quatre dimensions à la capacité d'absorption (Chauvet, 2003; Noblet et Simon, 2010, p. 37) : 1) l'acquisition, qui est l'aptitude à reconnaître, à valoriser et à acquérir la connaissance externe à l'entreprise, 2) l'assimilation qui est la capacité à faire sienne cette connaissance externe, 3) la transformation qui est la capacité à combiner ces nouvelles connaissances avec les connaissances déjà acquises précédemment, et 4) l'exploitation qui consiste en la capacité à exploiter commercialement ces nouvelles connaissances pour atteindre les objectifs de l'organisation. On peut se référer au Tableau 2.2 proposé par Chauvet (2003) synthétisant les études portant sur ces différentes dimensions.

Ainsi, l'apprentissage se fait au sein de communautés, car ce sont elles qui donnent le sens, essentiel à l'usage de la connaissance (voir par exemple Orr, 1990; Weick, 1995). Comme l'affirment Brown et Duguid, « l'enjeu principal dans l'apprentissage est de devenir un praticien, pas d'apprendre à propos de la pratique » (Brown et Duguid, 1991, p. 48, traduction libre). Il est important de distinguer la communauté du groupe, car cette dernière — contrairement au groupe qui peut être structuré — émerge et ne présente pas de hiérarchie. Cela donne naissance au concept de communauté de pratique, que l'on étendra à la section 2.3.2.1 à un ensemble de communautés de savoir. À travers l'expérience, la production de connaissances peut être collectivement distribuée. C'est ce que cherche à faire l'entreprise apprenante. Mais il devient alors nécessaire d'apprendre à utiliser cette connaissance, à la valoriser et la capter — d'où la question des frontières à la section 2.3.2.3.

Tableau 2.2 - Les dimensions, composantes et thèmes de la capacité d'absorption (d'après Chauvet, 2003)

Dimensions	Composants	Thèmes
Acquisition	Investissements préalables	Tolérance au risque Soutien du dirigeant Formation Investissement R&D
	Connaissances préalables	Répertoires de connaissance Intensité en connaissance Expérience du département R&D Dernier diplôme des employés
	Motivation à rassembler des connaissances	Intensité Observation Vitesse
Assimilation	Absorption Compréhension	Interprétation Compréhension Formalisation
Transformation	Internalisation Conversion	Recodification Remise en question Adaptabilité
Exploitation	Utilisation Mise en place	Engagement de ressources Compétences clés

2.3.1.3. L'individu qui crée

Amabile et al. (1996) donnent plusieurs origines à la créativité. Dans les facteurs positifs, les auteurs recensent l'encouragement à la créativité (encouragements organisationnels, encouragements du superviseur, encouragements du travail de groupe), l'autonomie et la liberté, la présence de ressources suffisantes, et un travail représentant un défi. Deux facteurs influencent négativement la créativité pour les auteurs : la pression au travail et la présence d'obstacles. En effet, la créativité peut être « tuée » en cherchant un excès de productivité, d'efficacité et de contrôle (Amabile, 1998), ce qui est souvent le cas dans les modes traditionnels de management des entreprises.

La créativité individuelle est également fonction de caractéristiques personnelles (style cognitif, personnalité, connaissances, motivation intrinsèque) et de caractéristiques autres comme les conditions antérieures, les influences sociales et contextuelles (Woodman, Sawyer et Griffin, 1993).

Campbell (1960) voit la créativité comme reposant sur un processus de sélection / variation / rétention, postulant que les pensées créatives sont sélectionnées selon un modèle néo-darwinien. Celle-ci requiert donc une certaine diversité, qui sera atteinte à travers la multiplicité des individus. Mais aussi comme cela a été vu avec la structure cognitive d'un individu, un certain nombre de connaissances diverses. Mais comment connecter ces différentes connaissances ?

Ainsi, si c'est bien l'individu qui apprend et porte les connaissances, celles-ci ne deviennent effectives la plupart du temps que lorsque les individus se regroupent au sein de communautés que l'on qualifiera de *communautés de savoir*. Par ailleurs, ces communautés permettent — ou non — aux individus de s'exprimer et de développer leurs savoirs.

2.3.2. *Le groupe, ou regroupement d'individus*

2.3.2.1. L'agencement des connaissances : le rôle des communautés de savoir

Si l'individu est le véritable porteur des connaissances, il faut avoir conscience de l'importance du regroupement d'individus ou groupe comme essentiel à l'apprentissage, la création et le transfert de savoirs (niveau 2 sur la Figure 2.1). Enriquez (1999) définit le groupe comme « tout ensemble (de trois à plusieurs centaines de personnes), identifiable par autrui, où les personnes peuvent s'identifier les unes aux autres, où les fantasmes et les pensées prennent la forme d'un imaginaire et d'une symbolique relativement commune, soutenues par une mystique, vivant des moments de déconstruction et de reconstruction (même si ceux-ci sont déniés), animé par des processus d'idéalisation et de sublimation, auquel ses membres ont la volonté ainsi que le désir d'appartenir, de se référer et auquel ils prêtent les couleurs de la communauté » (Enriquez, 1999, p.801). Le critère essentiel du groupe ou de la communauté est le désir partagé de faire quelque chose ensemble (Enriquez, 1999). Pour y parvenir, le groupe a besoin 1) d'un imaginaire commun, fantasme entraînant attraction et répulsion, 2) d'une symbolique commune, loi organisatrice déterminant un système de références et d'interdits et 3) d'une mystique commune, qui mobilise l'énergie.

Comme l'expriment Montuori et Purser, « la créativité est autant un phénomène social qu'un phénomène individuel et intrapsychique » (Montuori et Purser, 1995, p. 70, traduction libre). Il en va de même pour la création de connaissances. Ainsi, les variables importantes de la créativité d'un groupe, pour Woodman Sawyer et Griffin (1993), sont la créativité individuelle, la composition du groupe, ses caractéristiques et ses processus. Ceci explique l'importance de la notion de communautés de savoir, qui pour Cohendet et al. « joueraient ainsi le rôle d'unités actives de compétences pour les organisations et pourraient être considérées comme les véritables briques élémentaires du cœur de savoir des organisations » (Cohendet, Créplet, et Dupouët, 2006, p. 18). Si l'unité active demeure l'individu, la communauté de savoir représente l'élément d'agencement par excellence des individus, élément indispensable à la gestion des connaissances au sein d'une organisation. C'est là l'objet de la présente section.

Les savoirs se créent et se partagent au sein de ces communautés, qu'Enriquez rapproche des groupes, et qu'il définit comme « une association volontaire de personnes qui éprouvent en commun le besoin de travailler ensemble de manière intense, afin de réaliser un ou plusieurs projets qui signent leur raison d'exister. Il n'est pas de groupe (sauf s'il s'agit d'un simple rassemblement), si à un moment ou à un autre, ou encore de façon constante, cet idéal communautaire ne se trouve pas présent à la fois dans son aspect entraînant et ses caractéristiques illusoires » (Enriquez, 1992).

À l'origine du concept de communauté de pratique, il y a l'observation qu'en se réunissant en groupe, les employés pratiquent la narration, la collaboration, et une construction sociale (Orr, 1986; Orr, 1990). 1) La narration permet de véhiculer ce que Nonaka (1994) considère comme des métaphores et analogies, et à travers ces histoires, de raconter, de transformer chez les travailleurs une connaissance tacite, en une (autre) connaissance explicite. Cette narration repose sur une sagesse accumulée, donnant naissance à des réseaux d'histoires (Abbott, 1992, p. 438). 2) La collaboration est permanente : elle ne se passe pas seulement lors de réunion de spécialistes, mais « tout le temps en se rencontrant pour un café ou un repas et en s'échangeant des histoires » (Brown et Duguid, 1991, p. 46, traduction libre).

3) La construction sociale reflète la compréhension de l'univers des travailleurs, et permet en racontant son histoire, à celui-ci de se construire son identité, et de contribuer à la construction de l'identité des autres. Brown et Duguid forgent le concept de communauté de pratique à partir de ces éléments, qui autorisent l'émergence de pratiques non canoniques aboutissant à l'innovation. Les pratiques non conventionnelles des communautés représentent de nouvelles conceptions du monde, pouvant donner naissance à l'innovation à travers une nouvelle interprétation d'une réalité existant précédemment.

Cohendet et al. (2006) distinguent les communautés de savoir — qui visent à produire et maintenir des connaissances — d'autres formes de regroupement que sont 1) le groupe fonctionnel visant à assurer une fonction particulière au sein de l'organisation ; 2) l'équipe projet qui vise à réaliser une tâche donnée ; 3) le réseau de connaissances dont l'objectif est d'accéder à des ressources cognitives complémentaires. Ce dernier regroupement se distingue notamment des communautés de savoir par le fait qu'il ne suppose pas des structures cognitives communes de la part des individus qu'il regroupe. Il s'agit plutôt d'un réseau que l'on pourrait qualifier d'opportunisme multiple. Cohendet et al. définissent alors la communauté de savoir comme

« un groupe informel (qui doit être bien distingué des entités formelles telles que les groupes fonctionnels ou les équipes projet) de membres caractérisés par les propriétés suivantes : 1) le comportement des membres se caractérise par l'engagement volontaire dans la construction, l'échange et le partage d'un répertoire de ressources cognitives communes ; 2) à travers leur pratique et leurs échanges répétés, les membres d'une communauté donnée construisent une identité commune ; 3) le ciment de la communauté de savoir est assuré par le respect de normes sociales propres à la communauté » (Cohendet, Créplet, et Dupouët, 2006, pp. 9-10).

On peut distinguer différents types de communautés de savoir. Cohendet et al. font la distinction suivante : 1) les communautés épistémiques, 2) les communautés de pratique, 3) les communautés de création, 4) les communautés stratégiques, 5) les communautés d'innovation, 6) les réseaux de professionnels, 7) les groupes d'intérêts, 8) les groupes d'experts.

(1) Les **communautés épistémiques**, qui sont des « petits groupes d'agent travaillant sur des sous-ensembles communs et reconnus de connaissances et qui, à tout le moins acceptent une autorité procédurale communément comprise comme l'autorité indispensable à la réussite de

leurs connaissances » (Cowan, David, et Foray, 2000, p. 220, traduction libre). Généralement, les communautés épistémiques se placent en retrait des activités opératoires pour créer de nouvelles connaissances avant de les diffuser. Dans les organisations, celles-ci peuvent se situer au niveau de la stratégie, de la R&D, etc. Ainsi, ces communautés émergent souvent lorsqu'il est nécessaire de mettre en place de nouveaux cadres d'interprétation.

(2) Les **communautés de pratique**, formes de communautés de savoir les plus souvent étudiées, sont définies par Wenger et Snyder comme étant « un regroupement informel d'individus ayant en commun un domaine de spécialisation précis et une passion pour un projet collectif » (Wenger et Snyder, 2003). Pour Lave et Wenger, il s'agit ainsi d'un

ensemble de relations reliant des personnes, des activités et le monde, à travers le temps et en relation avec d'autres communautés de pratique tangentielle et superposée. Une communauté de pratique est une condition intrinsèque pour l'existence de connaissances, pas moins, parce que cela permet un support d'interprétation nécessaire pour donner du sens à son héritage (Lave et Wenger 1991, traduction libre).

L'une des spécificités importantes des communautés de pratique pour Wenger et Snyder est que « ses membres s'organisent tout seuls, décident de leurs objectifs et désignent leurs responsables » (Wenger et Snyder, 2003). En effet, la communauté de pratique n'est pas structurée *a priori*. Sa structure émerge en fonction de la participation des individus et est dynamique au cours du temps. Dans une communauté de pratique, plusieurs niveaux de participation coexistent. Lave et Wenger parlent alors de participation périphérique légitime, c'est-à-dire de l'implication progressive des nouveaux venus dans la communauté existante au fur et à mesure qu'ils acquièrent les compétences nécessaires à la pratique. Les nouveaux membres passent alors d'une participation périphérique à une pleine participation dans la communauté. Wenger, McDermott et Snyder (2002) décrivent trois niveaux de participation : le cœur, les membres actifs et les autres membres périphériques (voir la Figure 2.3). Ils considèrent normal le fait de passer d'un degré à un autre de participation. a) Le cœur est un petit groupe de personnes qui prennent part activement aux discussions, débats et activités de la communauté. Ils s'occupent des projets de la communauté, identifient les sujets de celle-ci. b) Les membres actifs forment le deuxième niveau de participation. Il s'agit de membres qui participent régulièrement et contribuent plus occasionnellement. Enfin, c) les membres périphériques participent rarement, mais forment souvent la majorité. Généralement, ils

observent de façon invisible les interactions entre le cœur et les membres actifs. Les auteurs ajoutent qu'à l'extérieur de ces principaux niveaux de participation, on retrouve des gens — nommés ici étrangers — qui ne sont pas membres de la communauté, mais qui lui portent un intérêt. À noter qu'il s'agit là d'un portrait statique, puisqu'au cours du temps, les personnes sont amenées à changer de niveau de participation.

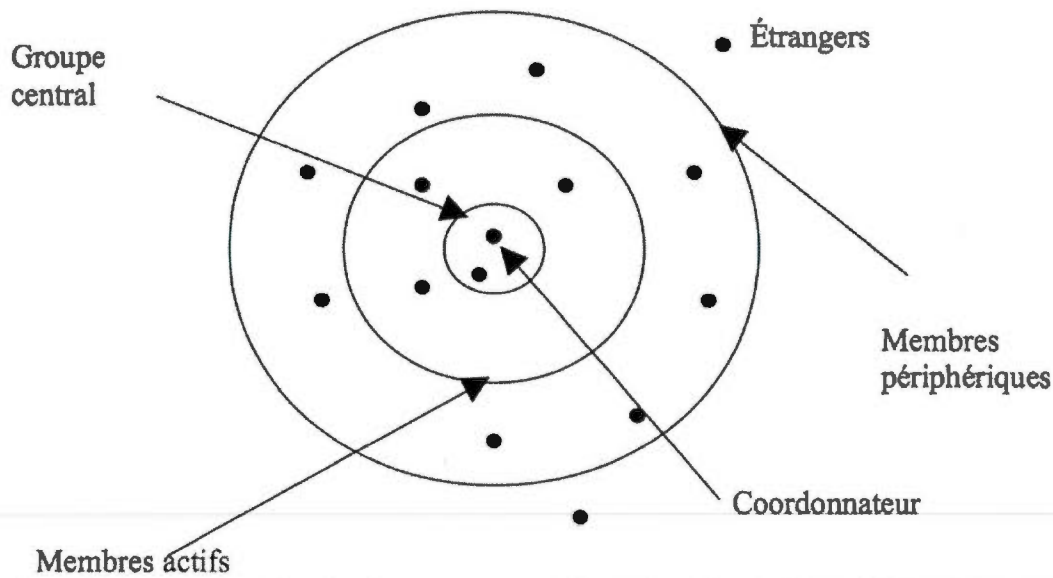


Figure 2.3 - Niveaux de participation dans une communauté de pratique (d'après Wenger, McDermott et Snyder, 2002)

La participation permet le partage d'expérience et de connaissances. Ce partage est au cœur du concept de communauté de pratique : « les gens impliqués dans ces groupes partagent expérience et connaissance, librement et avec une créativité qui favorise le développement de nouvelles approches des problèmes » (Wenger et Snyder, 2003). Ceci découle de la vision de l'apprentissage et de la connaissance en tant que phénomène relevant aussi du social (cf. section 2.1). Les membres potentiels ou effectifs d'une communauté de pratique sont ainsi guidés par le réel désir et le besoin de partager et de connaître.

Selon Wenger (1998), les communautés de pratique peuvent être comprises comme étant des histoires partagées d'apprentissage. Ce processus dynamique de partage et d'apprentissage de

nouveaux savoirs est l'endroit où est construite la signification des choses, où s'effectue la négociation du sens.

Les effets directs des communautés de pratique sont, pour Wenger et Snyder (2003), de donner un coup de fouet aux efforts stratégiques ; d'ouvrir de nouveaux marchés ; de résoudre des problèmes rapidement ; d'accélérer la diffusion des meilleures pratiques ; de contribuer à l'acquisition de compétences professionnelles ; d'aider l'entreprise à recruter et fidéliser des talents.

(3) Les **communautés de création** étudiée par Sawhney et Prandelli (2004) permettent de pallier les autres modèles pour améliorer la créativité et la diversité des départements de R&D. Elles reposent sur la coopération entre plusieurs organisations.

(4) Les **communautés stratégiques** visent à développer de meilleures pratiques et à trouver des solutions novatrices, mais sont soumises à la ligne hiérarchique. Par ailleurs, elles sont composées d'experts et ne sont pas ouvertes (Storck et Hill, 2000).

(5) Les **communautés d'innovation** sont employées pour le développement de nouvelles technologies à mettre sur le marché. Elles regroupent des membres des différentes entreprises impliquées dans le développement, et ne se restreignent donc pas à une organisation (Lynn, Reddy, et Aram, 1996).

(6) Les **réseaux de professionnels** sont des entités beaucoup plus larges que les autres formes vues jusqu'à présent. Elles regroupent des individus ayant un intérêt commun. Leurs membres peuvent ne jamais se rencontrer.

(7) Les **groupes d'intérêts** sont aussi des entités pouvant être très larges, regroupant des individus souhaitant mettre en œuvre un apprentissage individuel sur un domaine particulier (Cohendet, Créplet, et Dupouët, 2006). La qualité de ces groupes est sujette à forte variation.

(8) Les **groupes d'experts** correspondent à un ensemble au recrutement sélectif d'experts sur un sujet, ayant des rôles bien définis. Il n'y a pas d'interactions réciproques ni de sentiments de cohésion. C'est un coordinateur qui a pour rôle de donner une certaine unité au résultat produit, et de faire circuler les messages entre experts. Généralement, une certaine convergence d'opinions individuelles ressort de tels groupes.

Enriquez distingue quant à lui cinq formes idéales typiques de communautés ou de groupes :

- 1) la *communauté inavouable* parce que si elle s'avoue, elle risque l'atrophie. Ces communautés se replient sur elles-mêmes et sont sujettes à l'endogamie.
- 2) La *communauté « ethnique »* qui vise dans la défense et le maintien des traditions et de sa culture, et dont l'efficacité est la plus grande lorsqu'elle est attaquée, car c'est à ce moment qu'elle se rassemble.
- 3) La *communauté « néo-traditionnelle »* qui vise l'utopie. Elle rejette les lois sociales pour créer son propre système de valeur à la lumière des communautés *flower power* des années 70. La pression à l'uniformité y est forte.
- 4) La *communauté sportive* ou *équipe*, correspondant à un modèle idéal : partage des valeurs, des buts, chacun y a une place déterminée, est interdépendant des autres, multiplie les interactions. L'individu s'y réalise à travers l'équipe. Imaginaire, symbolique et mystique y sont communs et solides. Cette forme de groupe a la caractéristique de ne pouvoir se maintenir dans la durée.
- 5) La *communauté, lieu de la pensée et de l'interrogation* ou *groupe qui pense*. Ce dernier cherche à ne pas être sous l'emprise de processus d'idéalisation et met en œuvre des processus de sublimation. Ces groupes demeurent rares, mais lorsqu'ils se forment, ils permettent la création. « C'est dans la capacité des membres du groupe à accepter de se situer dans une tradition [...], à inventer avec les autres une histoire collective dont ils sont tous les sujets [...], c'est dans la possibilité de travailler et d'aimer [...], d'élaborer un imaginaire, une symbolique, une mystique toujours à reprendre et dont ils sont aptes à se dépendre, c'est donc dans leur proximité qu'ils entretiennent et dans la distance qu'ils maintiennent entre eux et en eux-mêmes, qu'ils peuvent devenir véritablement ce que j'ai nommé des "créateurs d'histoire". Lorsqu'ils y parviennent, ils savent qu'ils travaillent pour les générations futures vis-à-vis desquelles ils ont, comme pour les générations précédentes, une dette à solder » (Enriquez, 1999, p. 813). C'est cette dernière forme de communauté qui permet véritablement la création de nouvelles formes de savoirs.

Certaines conditions permettent aux individus de mieux créer et échanger leurs savoirs — c'est ce que von Krogh et al. (2000) nomment les **activateurs de connaissances**. Pour activer la connaissance au sein de communautés et d'organisation, ces auteurs préconisent 1) d'instaurer une vision de la connaissance ; 2) de gérer les conversations ; 3) de mobiliser des activistes de la connaissance ; 4) de créer un contexte favorable ; 5) d'étendre globalement la connaissance locale. Ces activateurs sont valables pour une communauté de savoir comme pour l'organisation.

Ainsi, dans un cas comme dans l'autre, de la même façon qu'il est possible de parler d'apprentissage organisationnel, il est aussi possible de parler de connaissances collectives, en ce sens que même si la connaissance est toujours individuelle, elle peut être supportée socialement par l'organisation. Nonaka en fait la dimension ontologique du SECI (Nonaka 1994; Nonaka et Takeuchi 1997, voir la Figure 2.4, section 2.3.2.3). « Créer de la connaissance *organisationnellement* [...] signifie que la connaissance tacite subjective portée par un individu est externalisée en connaissance explicite objective pour être partagée et synthétisée. [...] La connaissance est socialement créée à travers la synthèse de différents points de vue portés par des personnes variées » (Nonaka et Toyama, 2005, p. 422, traduction libre). C'est d'ailleurs ce qui justifie le terme de communauté, qui fait partie de la tradition sociologique en rappelant la référence au *Gemeinschaft* de Tönnies (1977), c'est-à-dire « une unité absolue qui exclut la distinction des parties. Un groupe qui mérite ce nom n'est pas une collection même organisée d'individus différents en relation les uns avec les autres ; c'est une masse indistincte et compacte qui n'est capable que de mouvements d'ensemble, que ceux-ci soient dirigés par la masse elle-même ou par un de ces éléments chargés de la représenter. C'est un agrégat de consciences si fortement agglutinées qu'aucune ne peut se mouvoir indépendamment des autres » (Durkheim, 1889). Le tout formé par la communauté est ainsi plus que la simple somme de ses parties. Il semble important de bien distinguer communautés et projets, car ceux-ci ne se regroupent pas nécessairement. S'il n'y a pas nécessairement de communauté, un grand nombre d'organisations ont maintenant adopté un mode de fonctionnement basé sur la gestion de projet.

2.3.2.2. La gestion de projet

La gestion par projet est une pratique qui se répand depuis la fin des années 80 (Garel 2003a). Elle correspond même à un certain idéal du capitalisme moderne comme le notent Boltanski et Chiapello (1999).

Le projet est une forme hybride qui permet de se départir de la rigidité des formes organisationnelles, en créant une structure temporaire, ayant un objectif et des moyens pour l'atteindre. Si certaines organisations ne fonctionnent que par projet, la plupart possèdent une structure plus traditionnelle avec des personnes rattachées temporairement à un projet. Cela peut être à temps plein ou correspondre à un nombre d'heures limitées par semaines. Par ailleurs, le projet s'affranchit des limites internes de l'organisation, et recrute généralement une équipe pluridisciplinaire pour mener à bien ledit projet dans sa totalité. Garel rappelle que les trois catégories de contraintes à tout projet sont le temps, les ressources et les spécificités techniques (Garel 2003a). Par ailleurs, pour l'auteur, la gestion de projet représente un modèle de gestion, car 1) elle possède une représentation de l'entreprise — basée sur la transversalité, 2) n'est pas propre à un domaine ou secteur spécifique, 3) possède des institutions la promouvant, et 4) possède ses *success-stories*, qui servent de fables pour véhiculer ce modèle, sur lesquels le mythe se construit.

Le projet se trouve à la croisée des chemins de quatre univers (Bréchet et Desreumaux, 2005): 1) l'univers architectural (remontant aux projets architecturaux du moyen âge), 2) l'univers pragmatique comme instrument de l'action, 3) l'univers politique — associé au progrès social — 4) l'univers philosophique relié aux courants phénoménologiques et existentialistes. On pourrait relier l'univers pragmatique à l'univers philosophique à travers cette dimension phénoménologique, d'autant plus que le pragmatisme est à la base de plusieurs approches et théories importantes en gestion des organisations et proches des choix épistémologiques adoptées dans cette thèse (cf. Chapitre 5, section 5.1) comme l'*enactment* (Weick, 1988 ; Morgan, 1990), le constructivisme radical (Von Glasersfeld, 1984) ou encore d'une conception socio-matérialiste (Orlikowski, 2007). Les facettes du projet sont multiples et peuvent se comprendre a) comme nécessité vitale (acte créateur, par opposition à la

répétition, synonyme de mort), b) comme enjeu existentiel (porteur de sens), c) comme opportunité culturelle (vecteur de changement et d'innovation), d) comme perspective pragmatique (véhicule de l'action).

La gestion de projet possède ses limites comme le rappelle Pesqueux (2002, p. 41) : 1) le service ou département d'origine des personnes rattachées au projet se voit souvent retirer ses meilleurs éléments, ce qui pousse à une vision négative du projet s'accaparant les personnes les plus compétentes ou expérimentées. 2) Les personnes rattachées au projet — provenant de différents départements — doivent apprendre à travailler ensemble, ce qui n'est pas toujours chose aisée suivant la culture de l'organisation ou des différents départements. 3) Par ailleurs, lorsque le projet est dissous, le retour peut être difficile, et vécu comme un retour en arrière voire une rétrogradation.

On peut faire remonter les projets aux origines de l'humanité, avec un développement en occident lors du moyen-âge, notamment rattaché à la construction des cathédrales. Avec l'apparition du personnage de l'entrepreneur chez Schumpeter, l'individu devient porteur de projet, ou acteur projet. Il est en effet l'acteur, l'animateur d'un réseau reposant « moins sur des processus instrumentés que sur la confiance, le charisme, les liens familiaux, d'amitié ou d'école » (Garel 2003a, p. 81). Toutefois, et en parallèle, un processus de « rationalisation » de la gestion de projet se produit à partir de la première moitié du XXe siècle. C'est dans la seconde partie du siècle que celle-ci se standardise, autour des sciences de l'ingénieur, de la conduite de grands projets, des opérations de développement dans le tiers monde et de la gestion de l'innovation qui commence à prendre de l'importance. Le secteur aéronautique (ainsi que les programmes militaires) est partie prenante de cette standardisation. C'est notamment autour du *Project Management Institute* (PMI) que les méthodes et outils sont développés et diffusés (WBS²⁰, PERT²¹, *Best practice*, CPM²², etc.). Face à ce modèle séquentiel ou taylorien, se développe un modèle alternatif d'origine nipponne de gestion de projet basé sur l'ingénierie concurrente, visant une plus grande vitesse, et une densité du travail des différents membres plus importante. Deux articles d'Imai, Nonaka et Takeuchi

²⁰ *Work Breakdown Structure*

²¹ *Program Evaluation and Review Technic*

²² *Critical Path Method*

(1985) et de Takeuchi et Nonaka (1986) introduisent le concept de concourance en occident (sans toutefois le nommer ainsi). Ici encore, les industries militaires et aéronautiques sont parmi les premières à adopter ces pratiques en occident, mais c'est l'industrie automobile qui va la première l'adopter en masse suite à l'ouvrage de Womack et al. (1990) sur le système *lean* (basé sur le modèle Toyota), et ce, même si les entreprises occidentales vont en faire une interprétation technique et non comme à l'origine un système de valeurs managériales tel que dans l'entreprise nipponne d'automobiles (Liker, 2007). Cela donnera naissance aux pratiques modernes de développement de produit (Clark et Fujimoto, 1991), basé sur le recouvrement des phases du projet, sur la notion de plateau²³, un codéveloppement entre les partenaires. Garel voit dans les portefeuilles de projets — visant à tirer parti des synergies entre projets pour en augmenter l'efficacité — et dans le concept de RID (Recherche, Innovation, Développement) — visant à innover sans marché ex ante — les futures évolutions de la gestion de projet.

Le projet a une incidence sur les savoirs et les apprentissages des acteurs, en influençant la qualité de coopération et de coordination à travers l'engagement qu'il peut entraîner. Notons que dans les cas où les individus ne sont pas totalement rattachés à un projet, l'une des différences principales avec la communauté de pratique est que l'individu ne peut pas se retirer du projet lorsqu'il le souhaite. La structure, bien que souple demeure plus formelle que dans le cas de communautés de pratique où les individus sont — même s'ils ne sont pas toujours libres d'y rentrer — la plupart du temps libre d'en sortir comme ils l'entendent. On s'intéressera maintenant aux frontières entre ces communautés et individus.

2.3.2.3. Frontières entre individus et communautés de savoir

On l'a vu dans la section 2.3.2.1, les communautés de savoir représentent l'agencement opératoire de l'organisation apprenante. Cette dernière est alors relayée à la tâche de mettre en œuvre les possibilités d'existence de ces communautés (par exemple, fournir l'infrastructure) et donnant une marge de liberté et d'action aux individus (par exemple en

²³ Le plateau est le lieu physique de regroupement des différents acteurs internes et externes participants au projet.

diminuant l'aspect bureaucratique, en leur offrant la possibilité d'une certaine souplesse de travail).

Il convient maintenant de tenter de déterminer la frontière entre individus et communautés de savoir. Pour Wenger et Snyder (2003), les communautés de pratique — que l'on peut étendre aux communautés de savoir en général — représentent les frontières de l'organisation, l'organisation pouvant elle-même être vue comme une communauté de communautés (Cohendet et Diani, 2003). Il s'agit là d'une nouvelle représentation de l'organisation, particulièrement intéressante, car beaucoup plus dynamique et laissant beaucoup d'espace aux individus. La notion de frontière constitue à la fois une barrière à la diffusion et à la création du savoir, et dans le même temps une interface à celles-ci. Il s'agit en quelque sorte des deux faces d'une même pièce, la frontière pouvant, suivant l'utilisation qui en est faite se révéler une force ou une faiblesse en termes de gestion des connaissances. Dans tous les cas, il s'agit d'une notion à prendre en considération, car inévitable.

Les individus échangent entre eux sous la forme d'interactions. Chanlat (1990) en distingue trois types : 1) l'interaction entre soi et autrui étudiée notamment par les champs de la psychologie sociale, de la microsociologie et de l'ethnométhodologie ; 2) l'interaction entre soi et la masse plus spécifiquement étudiée par la psychologie sociale ; enfin 3) l'interaction entre groupes, le « nous à nous », domaine de la sociologie et de l'anthropologie sociale. Aussi, les interactions entre individus et communautés qui représentent l'essence des frontières sont à étudier selon une perspective multidisciplinaire.

Par ailleurs, la création est à la fois individuelle et collective, et relève — tel que le note Simon (2006) — d'un bris-collage, c'est-à-dire d'un ensemble d'essais-erreurs mis en place de connaissances déjà existantes que l'on assemble, désassemble et réassemble au gré des nouveaux besoins, le tout se faisant au sein d'une communauté de savoir dont le maître du jeu serait le gestionnaire. En effet, les gestionnaires intermédiaires ont réellement un rôle clé puisqu'ils représentent les traducteurs entre le terrain et les décisions stratégiques (Nonaka et Takeuchi 1997; Payaud 2005). Ce travail s'effectue à la fois dans un contexte de partage et de

compétition entre personnes et connaissances ce qui fait dire à l'auteur qu'il s'agit d'un travail coopératif multidisciplinaire.

Pour transmettre du savoir, l'une des notions importantes à prendre en considération en termes de gestion des connaissances est l'**objet-frontière**, qui est un objet²⁴ permettant de partager et de transférer des savoirs à travers des résolutions de problèmes, des contextes communs. Ainsi pour Star (1989), qui est à l'origine du concept, l'objet-frontière permet de partager des contextes à plusieurs. Carlile décrit trois propriétés d'un bon objet-frontière (Carlile, 2002) : 1) il doit établir un langage commun entre les individus pour se représenter leurs connaissances ; 2) il doit fournir un sens concret aux individus pour spécifier et apprendre à propos de leurs différences et dépendances vis-à-vis des frontières ; 3) il doit faciliter le processus par lequel les individus transforment conjointement leurs connaissances.

Les **frontières entre connaissances** dépendent de l'approche des auteurs les étudiant (Carlile, 2002). Il en décrit trois : 1) pour certains, elles sont liées à la *syntaxe*, où les frontières sont dépendantes du processus d'information. La frontière est alors franchie en maximisant les liens entre les personnes, dans le but de véhiculer le savoir. Par exemple, Ancona et Caldwell (1992) montrent que l'utilisation de communications externes au groupe ou à la communauté — permises au sein de communautés par la diversité présente — permet un meilleur taux d'innovation en augmentant la créativité. Cette première approche syntaxique est souvent celle adoptée dans la vision de l'organisation experte. Toutefois, aussi intéressante soit-elle, cette approche n'est pas en soi suffisante. 2) En effet, les frontières sont aussi liées à la *sémantique*, c'est-à-dire à la différence de sens perçue derrière des langages a priori similaires. On fera ici référence à la représentation du monde que se fait l'individu ou le groupe. Il est alors nécessaire de partager un sens commun — notamment à travers la vision ou la culture (voir plus loin), pour transcender la frontière. Cette approche se rapproche de la conception de l'organisation d'experts, et prend en compte la nature de ce qui est véhiculé, et le sens attaché par les différents acteurs derrière des concepts qui semblent *a priori* similaires, mais sont représentés par des schèmes différents chez les multiples individus. Enfin, l'auteur ajoute une troisième conception qu'il nomme 3) *l'approche*

²⁴ Ou concept, le terme d'objet étant utilisé au sens large.

pragmatique, basée sur l'importance de comprendre les conséquences qui existent entre des choses qui sont différentes et dépendantes les unes des autres. Sur cette base, Carlile décrit la connaissance comme « investie » à la pratique, c'est-à-dire que lorsqu'une connaissance se montre efficace, celle-ci sera réutilisée dans le futur pour résoudre de nouveaux problèmes, servant alors d'interface. Ainsi, en changeant leurs connaissances, les individus sont amenés — au moins temporairement — à altérer leurs pratiques, ce qui n'est pas sans conséquence pratique. Par exemple, les personnes peuvent pour cette raison se rattacher à des connaissances désuètes ou dépassées dans un nouveau contexte, car changer de connaissances entraînerait une altération à court terme des résultats. Aussi, il est alors important de comprendre ces enjeux pour être capable de transcender les conséquences négatives, et dépasser la frontière. Par exemple, la présence de règles permet de développer un objet-frontière propre à une équipe, en donnant un contexte commun (Simon, 2006). Par ailleurs, ces changements de pratique peuvent aboutir à une nouvelle représentation du monde.

Une autre dimension servant d'interface à l'échange de connaissance est la **culture**. Celle-ci peut être définie comme représentant « tout ensemble ethnographique qui, du point de vue de l'enquête, présente, par rapport à d'autres, des écarts significatifs [...] le terme de culture est employé pour regrouper un ensemble d'écarts significatifs dont les limites coïncident approximativement » (Levi-Strauss, 1974, p. 325). Des auteurs comme d'Iribarne (1993) montrent par exemple l'importance de la culture nationale au sein des organisations et de la gestion, et donc la nécessité de la prendre en compte dans les multiples aspects de la vie organisationnelle. Il en va de même pour la gestion des connaissances : celle-ci ne prend pas la même forme suivant la conception du travail, de la relation à l'autre propre au pays. Par exemple, il est possible d'interpréter la spirale du savoir comme une vision orientale empreinte de taoïsme, ne reprenant pas la séparation occidentale de l'individu par rapport au monde — donnant lieu au concept de leader (Ferrary et Pesqueux, 2006). Il est toutefois possible dans une vision occidentale d'interpréter ce que pourrait être un leader pour la concilier à la représentation orientale. Ainsi, le *leadership* consiste dans cette perspective à exercer le rôle de facilitateur, d'activateur de savoir (Von Krogh, Nonaka, et Rechsteiner, 2012).

Les communautés disposent elles aussi de leurs propres cultures définissant ainsi une identité à laquelle se rattachent ses membres, tel que le présente Orr (1990). Cette culture propre représente une frontière entre ce qui est en dedans et ce qui est en dehors de la communauté, rappelant l'imbrication des niveaux d'appartenances observées par l'anthropologue Evans-Pritchard (1964) : les individus se réfèrent de façon dynamique aux différents niveaux selon le contexte dans lequel ils se trouvent, que l'on peut se représenter par des cercles concentriques de culture de plus en plus commune et proche à mesure que l'on se rapproche de l'individu, et de moins en moins proche à mesure que l'on s'en éloigne, mais auquel l'individu se rattacherait néanmoins selon les circonstances. À noter aussi que la culture doit être conçue comme multidimensionnelle. Ces unités ne sont pas statiques, elles peuvent fusionner ou se cliver. Ces différents niveaux d'appartenance s'expriment généralement par la négative, c'est-à-dire qu'entre deux individus de la même communauté, ils se définiront l'un l'autre comme faisant partie de deux sous-communautés, et ainsi de suite. Ce qui rassemble ces communautés est la culture, élément commun entre un ensemble d'individus, ce qui explique cet enchevêtrement de communautés les unes dans les autres, suivant la quantité (et qualité) de valeurs et symboles partagés, ce qui a été observé dans une précédente recherche concernant une communauté du logiciel libre (Blum et Ebrahimi, 2007).

Intégrant les dimensions tacites et explicites du savoir (axe épistémique) et les dimensions individuelles et collectives (axe ontologique), le **SECI** (voir la Figure 2.4) décrit le processus de création de connaissances (Nonaka 1994; Nonaka et Takeuchi, 1997). La création de connaissances y est décrite comme individuelle et collective dans un processus en spirale organisé en quatre étapes. 1) La socialisation (passage de savoirs tacites entre individus : il s'agit d'un processus de partage d'expériences créant de la connaissance tacite, se faisant souvent sur un mode informel. 2) L'extériorisation : c'est un processus d'articulation de savoirs tacites en concepts explicites, notamment à travers l'usage de métaphores et d'analogies, d'hypothèses ou de modèles. 3) La combinaison est un processus de systématisation de concepts en un système de connaissances, qui combine différents corps de connaissances explicites. Elle permet de véhiculer du savoir explicite entre individus. La combinaison s'effectue à travers des médias tels les réunions, conversations, etc. 4) L'intériorisation, qui est un processus d'incorporation de connaissances explicites en

connaissances tacites propres aux individus. L'intériorisation est étroitement liée à l'apprentissage en faisant. Il s'agit plutôt d'ensembles de phénomènes liant individus et groupes, se réalisant de manière simultanée et hybride. Deux dimensions sont représentées à travers le SECI : la dimension épistémique (connaissances tacites - connaissances explicites) et la dimension ontologique (individu – groupe – organisation).

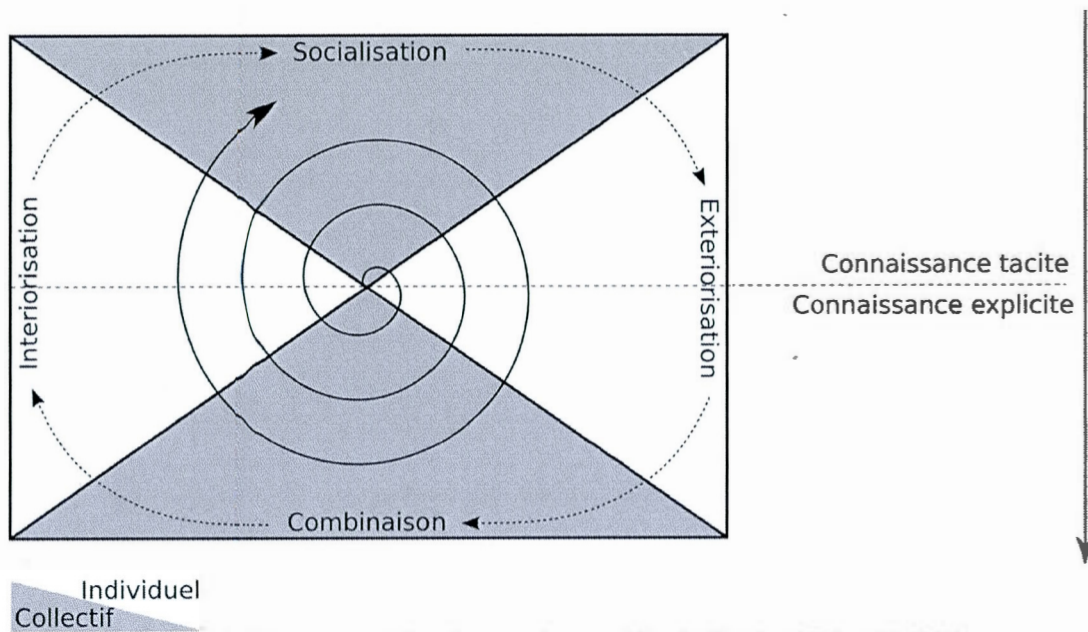


Figure 2.4 - Principe de création des connaissances (d'après Nonaka et Takeuchi, 1997)

À partir de la distinction de Collins (2010) entre savoirs tacites relationnel, somatique et collectif, on peut préciser que les connaissances tacites auxquelles s'intéressent Nonaka et Takeuchi relèvent principalement des connaissances tacites relationnelles et des connaissances tacites somatiques. Les connaissances tacites somatiques sont celles développées durant la phase d'intériorisation, l'individu apprenant en faisant et développant son propre savoir « *embodied* ». Il s'agit de connaissances qui ne peuvent se transmettre ni se « convertir » en savoir explicite. Les connaissances tacites relationnelles relèvent de celles s'échangeant durant la phase de socialisation. Les connaissances collectives ne sont pas traitées à travers le SECI.

Cinq conditions favorisent la création de connaissances dans l'organisation (Nonaka et Takeuchi, 1997) : 1) l'intention : c'est l'aspiration de l'organisation vers ses buts ; 2) l'autonomie : les individus doivent être autorisés à agir de façon autonome, pour autant que les circonstances le permettent ; 3) la fluctuation et le chaos créatif permettent une rupture des routines, des habitudes et des schémas cognitifs ; 4) la redondance : il s'agit d'un recouvrement intentionnel d'informations sur les activités de l'entreprise, les responsabilités managériales et l'entreprise dans son ensemble ; 5) la variété requise permet aux membres de l'organisation de composer un grand nombre de contingences.

Ce cadre théorique — par la suite a été validé par plusieurs études (par ex. Schulze et Hoegl, 2006) — fait partie des études les plus citées en gestion des connaissances, mais est souvent utilisé et critiqué à tort. En effet, alors qu'il relève du second type de compréhension de la nature des connaissances (cf. la section 2.1), nombre d'auteurs l'utilisent dans une perspective objectiviste, menant à l'incompréhension de l'analyse effectuée par ceux-ci.

Ebrahimi et Saives (2006), en se basant sur cette analyse, font correspondre à chacune des phases un *concept-frontière* permettant de « traverser » ladite phase. La socialisation nécessite un espace de partage (voir notamment plus loin le concept de *ba*) — qui est une interaction entre soi et autrui —, l'extériorisation requiert un artefact ou objet-frontière, la combinaison s'appuie sur la redondance²⁵ et l'intériorisation sur l'appropriation. Par ailleurs au cours de son évolution, la création de connaissance est décrite par Nonaka et Takeuchi comme un processus en cinq phases : 1) elle commence par un partage de connaissances tacites entre individus, qui donne lieu à 2) la création de concepts nouveaux. Il est alors nécessaire 3) de justifier ces nouveaux concepts pour les faire accepter. 4) Puis vient le temps de la construction d'un archétype, 5) avant l'extension de la connaissance et la continuation de la création.

²⁵ Contrairement à la représentation traditionnelle visant à « optimiser l'usage des ressources », et donc à donner à la redondance d'information un aspect négatif à éliminer, il s'agit ici d'un recouvrement intentionnel d'informations sur les activités de l'entreprise, que les gestionnaires doivent favoriser de façon à donner des représentations partagées aux individus, et leur permettre d'échanger sur ces bases communes.

L'**espace de partage** nécessaire est qualifié par Nonaka et Konno (1998) de « *ba* ». Il s'agit du lieu virtuel ou non où la connaissance émerge que Créplet (1999) qualifie de fondement des mécanismes liés à la connaissance. Le concept japonais de *ba* fait référence à un espace partagé, qui peut être physique, virtuel ou mental. Le *ba* est une plateforme d'émergence de connaissances collectives. Il est défini « comme un contexte partagé en mouvement. À travers les interactions avec les autres et l'environnement, aussi bien le contexte du *ba* que ses participants croissent. Les nouvelles connaissances sont créées à travers ces changements dans des contextes et significations » (Nonaka et Toyama, 2005, p. 428, traduction libre). Plusieurs *ba* mis en commun forment un « *basho* », où le processus de création est amplifié par rapport au *ba*. Le *basho* forme le « *ba des ba* » : alors que le *ba* est composé d'individus, le *basho* est composé de *ba*. Il s'agit donc d'un lieu-frontière d'échange de savoir entre individu (*ba*) ou entre communautés de savoir (*basho*). Pour Nonaka et Konno, la connaissance sans *ba* n'est pas de la connaissance, mais de l'information, montrant l'importance du *ba* pour donner un sens à cet espace de partage.

Ces auteurs classifient quatre types de *ba* : 1) le *ba originel* (*Originating Ba*), lieu de la socialisation qui permet l'échange de sentiments, d'émotions, de modèles mentaux. C'est le lieu de départ du processus de création de connaissance. 2) Le *ba interactif* (*Interactive Ba*) est le lieu de l'extériorisation, permettant la réflexion collective, afin de faire émerger sous une forme explicite la connaissance. 3) Le *cyber ba* (*Cyber Ba*) est le lieu de la combinaison, lieu virtuel à l'abri du temps et de l'espace, il est le lieu de l'analyse, du raisonnement, de la raison cartésienne. 4) Enfin, le *ba d'exercice* (*Exercising Ba*) est le lieu de l'intériorisation, l'endroit où la connaissance s'enracine dans l'individu. Le *ba* donne ainsi « l'énergie, la qualité et le lieu pour permettre à l'individu la conversion de la connaissance et le déplacement le long de la spirale de la connaissance » (Nonaka et Toyama 2003, traduction libre). L'énergie nécessaire au *ba* pour créer de nouvelles connaissances provient des contradictions et de la pensée dialectique entre les membres. Par ailleurs, trois rôles différents sont joués au sein d'un *ba* : l'innovateur apporte une idée nouvelle ; le coach apporte un point de vue extérieur, permettant d'atteindre une intersubjectivité; l'activiste permet d'élargir la vision des choses afin d'atteindre une transsubjectivité.

Alors que les communautés de savoir ont une identité, une frontière, une culture, une histoire, le *ba* a des frontières changeantes et fluides, et peut changer rapidement, ainsi que ses participants. Par ailleurs, si les membres d'une communauté de savoir sont assez stables et que cela prend un certain temps aux nouveaux participants pour être pleinement intégrés, les membres d'un *ba* au contraire ne sont pas fixés, ils vont et viennent. Le *ba* (*basho*) doit être vu comme un lieu dynamique, représentant d'une certaine façon les espaces de frontière entre individus (communautés), là où le savoir se crée.

En s'appuyant sur le concept de *ba*, et sur une conception des relations entre acteurs et actants, Holford et al. revisitent la notion d'objet-frontière précédemment abordée, pour en faire la co-construction des individus de la communauté au sein d'un *ba* (Holford et al., 2008). Ainsi, l'objet-frontière permet le partage de connaissances tout en étant en même temps sa résultante en tant que co-création. Tout cela se réalisant tant que certaines conditions d'activation sont effectives, englobant en quelque sorte la communauté dans un *ba*. Ces conditions sont notamment la confiance mutuelle, l'empathie, l'ouverture à d'autres points de vue. Lorsque ces conditions ne sont plus remplies, l'objet-frontière cesse alors d'être effectif, bloquant la circulation des savoirs à travers cette frontière.

2.3.3. L'organisation

Sauf dans de petites organisations que l'on peut assimiler à des groupes, l'organisation n'intervient pas directement dans la transmission et la création de savoirs. Mais celle-ci a un rôle indirect très important à travers une culture organisationnelle et des instruments institutionnels permettant à des individus de s'organiser en groupes, aux groupes existants d'avoir une dynamique interne importante, et aux différents groupes de travailler les uns avec les autres dans une direction cohérente.

À ce niveau, on peut voir la gestion des connaissances comme s'inscrivant dans la continuité de la théorie basée sur les ressources (*ressource based-view*). Basée sur les travaux de Penrose (1959), cette théorie postule que la réussite d'une organisation ne dépend pas seulement de son positionnement stratégique (école stratégique du positionnement) par

rapport à ses concurrents, ses fournisseurs, ses clients, etc., mais avant tout de la manière dont elle organise et mobilise ses ressources internes (Wernerfelt, 1984; Barney, 1986). La gestion des connaissances est dans cette perspective la résultante de l'organisation des ressources de l'organisation. Les spécificités de l'organisation de ces ressources relèvent de la compétence organisationnelle propre à chaque organisation (Durand, 2006).

La capacité dynamique (Teece et al., 1997) de l'organisation est la caractéristique lui permettant de renouveler, réorganiser ses ressources et ses compétences organisationnelles selon l'évolution du marché, des technologies, etc. Teece et al. (1997) les définissent comme « la capacité de l'entreprise à intégrer, construire et reconfigurer les compétences internes et externes pour s'adapter rapidement à des changements de l'environnement. Les capacités dynamiques reflètent donc la capacité d'une organisation à atteindre de nouvelles et innovantes formes d'avantages compétitifs, étant donné les dépendances au sentier et les positions sur les marchés » (Teece et al., 1997, p. 516). Pour reprendre Durand (2013), les ressources se négocient sur les marchés pour être acquises par l'entreprise, la compétence organisationnelle est la manière spécifique de les combiner par l'organisation et la capacité dynamique la capacité à changer selon l'environnement interne et externe. La capacité dynamique relève donc de l'apprentissage organisationnel et de la capacité à développer de nouvelles connaissances organisationnelles.

À partir de l'école évolutionniste, on peut concevoir les connaissances comme émergeant du *design* dominant en cours (Teece, 1986). Le concept de *design* dominant est basé sur l'évolution technologique des industries (Abernathy & Utterback, 1978; Dosi, 1982) reprenant l'idée d'évolution des sciences de Kuhn : au bout d'un certain temps d'incertitude préparadigmatique, un paradigme technologique s'impose, jusqu'à ce que celui-ci soit à son tour remis en cause par une nouvelle innovation radicale. Cette domination permet notamment aux clients d'avoir des produits plus compatibles (par exemple, les standards MP3, DVD, etc.), et de réduire les coûts de fabrication en réalisant des économies d'échelle. Durant la période de domination paradigmatique, les innovations sont principalement de procédés, et les connaissances nouvelles s'inscrivent dans la continuité de ce *design*, jusqu'à un potentiel nouveau paradigmatique du *design* dominant.

Nonaka et Toyama (2005) proposent — en se basant entre autres sur les concepts de *ba* et de SECI — une théorie de la firme revisitée, insistant sur la capacité de l'organisation à tirer profit de la subjectivité des individus en proposant des espaces de frontière différents dans le but de façonner différentes visions du futur. L'entreprise n'y est pas une entité passive comme dans la théorie néoclassique, mais au contraire, elle est dynamique, interagissant avec l'environnement et créant de la connaissance. La subjectivité n'y est pas un bruit parasite à éliminer, mais une source de diversité pour la gestion des connaissances, à savoir canaliser.

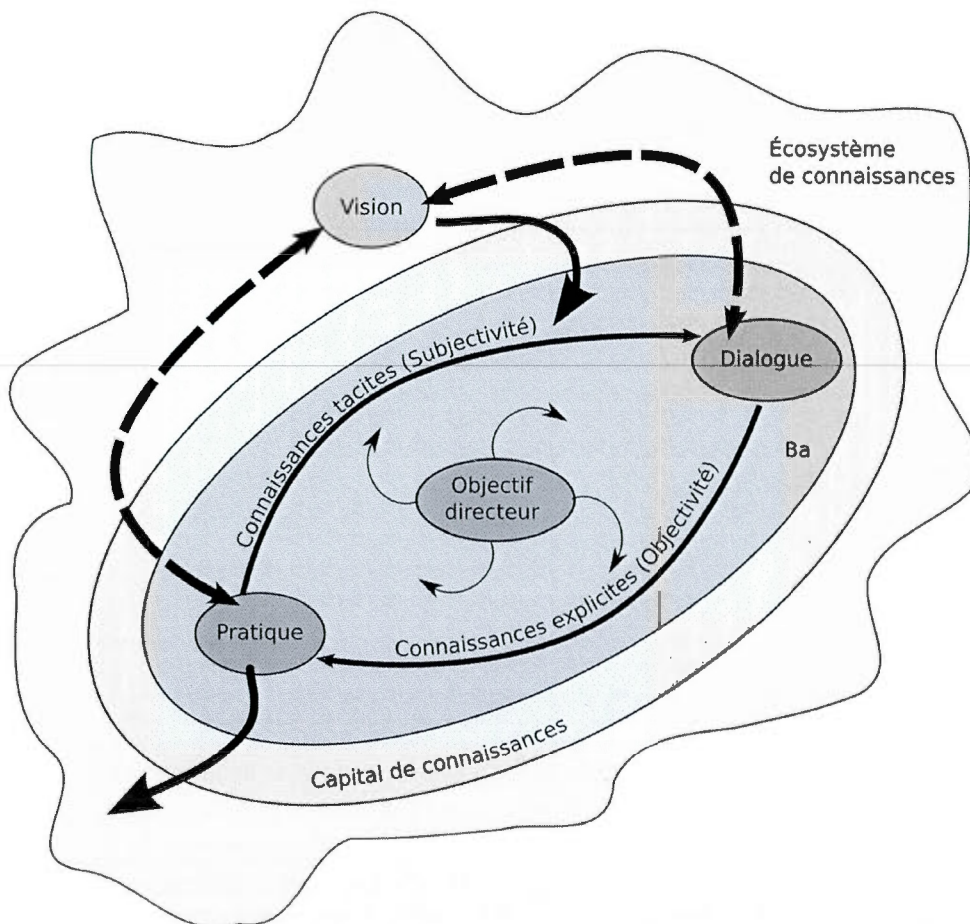


Figure 2.5 — Composants de la firme basée sur la connaissance (d'après Nonaka et Toyama, 2005)

Nonaka et Toyama en arrivent alors à la conception de l'organisation telle que représentée sur la Figure 2.5, qui permet de représenter les frontières au sein de l'organisation. Ce qui fait l'unité d'une firme (mais cela peut être vrai aussi pour une de ses sous-parties), c'est la vision, qui répond à la question « pourquoi faisons-nous ce que nous faisons ? » (Nonaka et Toyama, 2005, p. 424, traduction libre), et qui contrairement à la stratégie de l'entreprise qui peut être modifiée, est une question ontologique propre à la firme, et dont la réponse n'évolue que très peu. Il s'agit en quelque sorte de l'identité de l'organisation. Cette vision est transformée en *objectif directeur* par les gestionnaires, rendant la vision concrète en la connectant à la réalité, au contexte et aux technologies courantes. Le processus de création et de transfert de connaissances correspond à la dialectique entre dialogue et pratique. Les *dialogues* permettent le transfert et à travers une synthèse propre aux individus et aux communautés de savoir, ils permettent de créer de nouvelles connaissances en résolvant des contradictions. Les *pratiques* permettent le partage de connaissances tacites entre individus et communautés, ainsi que l'intériorisation à travers l'appropriation et l'apprentissage en faisant. Cet échange entre individus se fait donc au sein de *bas*, qui — comme cela a déjà été l'occasion de le traiter plus haut, donnent un espace de frontière dynamique au sein de la firme, alors vue comme « une configuration organique de *bas* multi-couches » (Nonaka et Toyama, 2005, p. 429, traduction libre). Ils permettent d'échanger entre individus ou entre communautés de savoir. Cette dynamique engendre des *actifs de connaissances*, provenant à la fois des actifs précédents, des individus et de la diversité de leurs savoirs, et par le processus lui-même engendrant de nouveaux savoirs à travers la dialectique dialogue-pratique. Ces actifs, contrairement aux autres types d'actifs de l'entreprise, sont spécifiques à l'entreprise, dynamiques et intangibles, et renforcent l'unité créée par la vision et propres à l'organisation. Enfin, l'écosystème de connaissances est un « 'monde vivant' phénoménologique » (Nonaka et Toyama, 2005, p. 430, traduction libre), s'inscrivant dans les rapports aux sujets. Il s'agit de *bas* multi-couches à travers les frontières de l'entreprise et évoluant continuellement. En créant de nouvelles connaissances, la firme modifie perpétuellement son écosystème de connaissances. Mais l'écosystème de connaissances est aussi sensible à ce qui se passe en dehors de la firme, dans d'autres organisations, dans la recherche scientifique, etc. D'où l'importance de créer des liens avec l'extérieur de l'organisation, ce qui sera abordé dans le prochain chapitre.

La tâche du gestionnaire de l'organisation est alors d'aider à transcender les frontières entre individus et entre communautés, jouant le rôle de facilitateur de transfert, de circulation, de création de savoirs et d'apprentissage. Ainsi, celui-ci aura comme tâches principales de construire une vision, de la reprendre et de la partager, de construire et de connecter des *bas*, de les énergiser (en leur procurant des conditions comme l'autonomie, le chaos créatif, la redondance, la variété requise, ...).

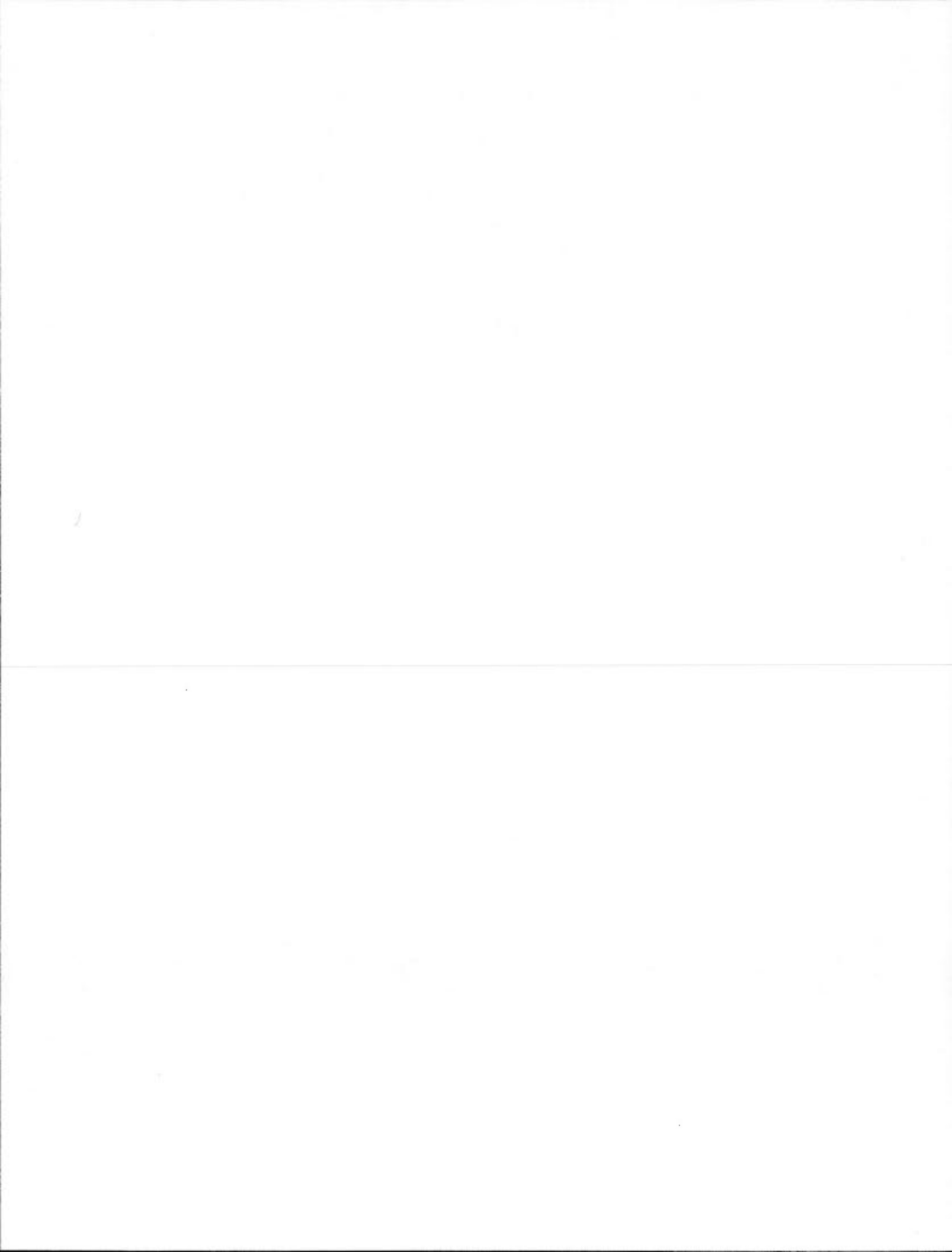
Si l'organisation (niveau 3) en tant que telle est peu opératoire en termes de gestion des connaissances, la vision promulguée par l'organisation est elle susceptible de donner lieu à une véritable philosophie d'action au sein des différentes communautés. De la sorte, cette vision donne la capacité de créer, de partager et donc d'agir, ce qui donne bien en fin de compte une capacité opératoire en termes de gestion des connaissances à l'organisation, même s'il s'agit d'une représentation indirecte.

Conclusion du chapitre

Ce chapitre a permis de traiter plus spécifiquement l'individu, les communautés de savoir et l'organisation qui représentent les niveaux 1 à 3 du modèle conceptuel multiniveau d'apprentissage (cf. la Figure 2.1). Pour ce faire, on a d'abord présenté la conception du savoir retenue puis, présenté deux conceptions de la gestion des connaissances, vues comme organisation experte et organisation d'experts, tout en se rattachant à cette deuxième conception. On a alors présenté l'individu comme unité active de connaissances, puis la communauté de savoir comme l'élément d'agrégation de ces individus, qui supporte la connaissance plus qu'il ne la porte, qui rend active l'unité qu'est l'individu. Les frontières entre individus et communautés ont également été traitées, ces deux niveaux formant un couple sans lequel il n'y aurait pas de création de savoirs. On peut donc voir la création comme la résultante du couple (individu, communauté de savoir).

Le niveau de l'organisation (niveau 3) a également été décrit à travers la théorie de la firme créatrice de connaissances qui a été présentée. Il permet d'augmenter (ou de diminuer) l'efficacité du couple (individu, communauté de savoir) comme moteur de la création de

connaissances. Ainsi, on propose de voir l'organisation sous une nouvelle forme, moins en tant qu'entité en soi que comme une communauté de communautés pour reprendre l'expression de Cohendet et Diani (2003). Finalement, c'est au-delà de l'organisation, au niveau de l'inter-organisationnel (à travers la collaboration ou au sein d'une grappe), qu'une intégration des connaissances tacites collectives (Collins, 2010) peut se réaliser. Ce niveau inter-organisationnel est l'objet du prochain chapitre.



CHAPITRE 3

LE SYSTÈME DE R&D ET LE NIVEAU INTER-ORGANISATIONNEL

*« On est plus souvent dupé par la défiance que par la confiance »,
Cardinal de Retz*

Il est possible en gestion d'adopter différents niveaux d'analyse pour comprendre ou décrire une situation : on peut étudier les phénomènes aux niveaux individuels, des groupes, des organisations, du secteur industriel (grappes), ou même au niveau national. L'utilisation du réseau comme outil conceptuel permet une analyse multiniveau en les reliant conceptuellement et dans l'analyse (Beesley, 2004). En effet, les acteurs dans un réseau social peuvent se situer à ces différents niveaux et être des individus, des groupes, des communautés, des organisations, des sociétés, etc. interreliées entre eux (Seufert, von Krogh, et Back, 1999). Le réseau offre une perspective intermédiaire d'organisation entre celle du marché et de la hiérarchie (Thorelli 1986; Powell 1990). Ainsi, tel que l'énonce Callon (1998), « le réseau abolit l'écart entre le micro et le macro. Le réseau permet de suivre ce travail de reconfiguration puisqu'il en constitue à la fois la forme et la matière. Il permet de passer sans solution de continuité du local au global. Du même coup, il offre une solution élégante à l'énigme de l'agrégation ». Par ailleurs, le réseau permet d'adopter une perspective multidisciplinaire mêlant différents types de connaissances, d'ordres cognitifs, sociaux, psychologiques (Beesley, 2004). On le voit d'ailleurs en observant la multitude de disciplines s'intéressant au concept de réseau : l'économie (par exemple Kirman, 1997), la sociologie des organisations (pour une revue de littérature, voir Lazega, 1994), la théorie des organisations (par exemple Benson, 1975), le marketing (par exemple Achrol, 1996), la sociologie (par exemple Granovetter, 1973; Wellman et Berkowitz, 1988; Castells, 1998), la géographie (par

exemple Zuliani, Jalabert, et Leriche, 2003), la philosophie (voir par exemple l'ouvrage dirigé par Parrochia, 2001), etc. Le plus intéressant est peut-être de permettre aux différentes disciplines de communiquer entre elles à travers l'objet conceptuel qui représente le réseau, pour arriver à un savoir d'un autre ordre (Gusdorf, 1966, p. 7).

Enfin, le réseau permet de prendre en considération l'aspect statique (règles, routines, etc.) et dynamique (relations sociales, liens entre unités, etc.) de l'organisation (Beesley, 2004). Par ailleurs, pour Granovetter (2000), la notion de réseau offre une perspective autre à celle de l'individualisme méthodologique et du structuralisme. Elle englobe à la fois une perspective structurelle et culturelle (Seufert, von Krogh, et Back, 1999). La notion de réseau permet d'intégrer à la fois la structure des liens (quel est mon graphe de connaissances) et la nature des flux, des liens entre les personnes (ce que nous nous échangeons). Elle touche donc à la forme et au contenu, et suivant les travaux des différents chercheurs, ces derniers se sont plus ou moins focalisés sur l'un ou l'autre de ces aspects.

Origines et définition du réseau

La notion de réseau est large, et recouvre au moins quatre champs disciplinaires : l'ingénierie, l'économie, la gestion et la sociologie (Ferrary & Pesqueux, 2004, p. 31). Ce n'est pas innocent, car le concept de réseau émerge comme figure se situant entre l'organique et les télécommunications. Certains y voient le retour du déterminisme technologique saint-simonien (Musso, 1997), mais ce n'est pas la conception du réseau retenue dans ce chapitre. À l'origine, au XVII^e siècle, le mot sert pour désigner un tissu, puis à partir du XVIII^e siècle est utilisé pour désigner des usages médicaux (réseau sanguin), et au XIX^e siècle il désigne les réseaux de transport, route, chemin de fer. Ce faisant, le terme s'éloigne des objets concrets qu'il désignait pour devenir une abstraction (Mercklé, 2004).

Le modèle du réseau vient remplacer le modèle du système, les deux étant basés sur la

cybernétique²⁶, mais le premier ayant comme avantage sur le second d'être dynamique (un système une fois défini est statique, il ne change plus, alors que les entités²⁷ interagissant dans un réseau peuvent sans cesse se métamorphoser, s'ajouter ou s'extraire de celui-ci) (Ferrary & Pesqueux, 2004). Il s'agit de prendre en compte non les caractéristiques intrinsèques d'individus ou d'objets, mais les relations entre ceux-ci, ainsi que leurs effets. Le concept appelle les notions d'entrelacement, de circulation et de topologie (Mercklé, 2004).

Le réseau est à la fois une métaphore, un objet symbolique pour penser le monde, et une réalité tant à travers les TIC que dans les formes mêmes de la société et des sociétés entre elles : « une société est faite d'individus et de groupes qui communiquent entre eux. Cependant, la présence ou l'absence de communication ne cesse pas aux frontières de la société » (Levi-Strauss, 1974, pp. 352–353). Ce qui est nouveau n'est pas tant l'existence des réseaux – ces derniers ont toujours existé, mais l'importance qu'ils prennent à travers ces formes physiques et ces forces symboliques. Aussi, une nouvelle forme de maillage entre savoir et pouvoir s'organise autour des formes en réseau.

On définira donc le réseau comme un ensemble d'éléments – techniques ou humains – de nature diverse, reliés entre eux selon une configuration qui en fait son identité, mais qui évolue avec le temps. Sa dynamique est une caractéristique capitale. Les éléments peuvent eux-mêmes correspondre à des réseaux. Tant ses éléments que sa configuration sont importants. Cette conception du réseau entraîne des modifications dans les modes et représentations de l'organisation.

Réseau et organisation : vers l'innovation

La notion de réseau renvoie le monde des organisations à de nouvelles représentations de la place de l'entreprise dans la société, à sa façon de s'organiser, de faire des affaires, de coopérer et de se concurrencer. Ainsi, l'organisation en réseau comme mode d'organisation de la 'nouvelle économie' permet « un recentrage sur les activités, l'éclatement des centres de

²⁶ La cybernétique, ayant pour fondateur Norbert Wiener, se veut la science de l'étude des échanges d'informations. Dans un système, elle étudie les caractéristiques des composantes du système, et vise à le piloter à travers l'analyse des boucles de rétroaction.

²⁷ Pour les entités du réseau, nous reprenons la terminologie de Latour, consistant à voir dans les acteurs les entités humaines, et dans les actants les entités non-humaines interagissant.

décision et la circulation 'transversale' des informations allant de pair avec un affaiblissement supposé de la hiérarchie, même si on reconnaît qu'elle puisse ne pas disparaître complètement » (Ferrary & Pesqueux, 2004, p. 19). Ce phénomène n'est toutefois pas nouveau puisque déjà l'importance de la technostucture – qui correspond à un réseau d'expert – avait été soulignée par Galbraith (1968) dans les années 60. Le concept de réseau a cependant explosé au cours des dernières années, le nombre d'occurrences au mot « réseau » ayant été multiplié par vingt entre les années 60 et les années 90 (Boltanski & Chiapello, 1999). S'en suivent décentralisation, proximité des centres de décisions et d'actions, frontières amoindries avec l'extérieur d'une organisation, plusieurs d'entre elles pouvant dès lors travailler ensemble, tout en étant concurrentes. L'image du réseau séduit, car elle se trouve entre les figures traditionnelles de la hiérarchie, et celles 'anarchiques' du chaos. Cette nouvelle forme « se pose en quelque sorte comme forme ultime de l'innovation parce qu'innovation sociale venant subsumer une forme technique » aboutissant ainsi au « nec plus ultra de l'innovation, l'innovation au sens pur du terme » (Pesqueux, 2002, p. 206) et à l'effacement des imperfections vers l'idéologie du marché pur et parfait.

L'innovation s'établit dans un système technique donné, un maillage structurel d'objets, de personnes, d'institutions, les systèmes existants engendrant de nouvelles difficultés de fonctionnement, appelant à de nouvelles solutions, donc à l'innovation (Gille, 1978).

Ces modes d'organisations ont pris des formes bien concrètes aujourd'hui, et on voit bien la relation importante entre acteurs et actants, ces formes d'organisations prenant appui sur l'infrastructure communicationnelle par excellence favorisant cette forme : internet. Les réseaux semblent de plus en plus caractériser la société contemporaine, l'augmentation de ceux-ci, leur complexification, leur multiplication et leur apparition en tant qu'objets hybrides, composante à part entière de la société à travers les TIC – et ce, de façon explicite et non plus tacite comme précédemment –, accélérant encore ce qui fait, ce qui est la modernité. Le concept de réseau repose sur l'idée de changement permanent, d'espace-temps toujours remodelé et d'innovation organisationnelle permanente (Pesqueux, 2002, p. 209).

Le réseau comme nouvelle conception du monde des organisations. Vers une approche inter-organisationnelle

L'acceptation de la construction des savoirs en réseau apparaît par étape au fil du temps en gestion. D'abord avec la théorie des ressources (ou *resource based view* (RBV) : (Wernerfelt, 1984; Barney, 1986), l'entreprise se distingue de la concurrence grâce à ses compétences. C'est une première reconnaissance des nœuds du réseau. Puis la théorie des capacités dynamiques ou *Dynamic capabilities* : (Nelson et Winter, 1982; Stalk, 1992) décrit l'entreprise qui réussit comme sachant mêler les bonnes compétences (les savoirs fondamentaux) aux bonnes capacités (savoir-faire), tout en sachant se renouveler : c'est la prise en considération des liens du réseau. Avec la théorie des compétences clés - *core competencies* : (Hamel et Prahalad, 1994; Prahalad et Hamel, 1990), l'emphase est mise sur la valorisation et l'exploitation des compétences (humaines, matérielles, etc.) au sein de l'entreprise, visant à faire correspondre les compétences et capacités aux nécessités de l'entreprise : il s'agit de faire ressortir les nœuds les plus intéressants du réseau, de les placer au cœur de celui-ci. Le modèle de création de connaissance de Nonaka et Takeuchi (voir le Chapitre 2) prend alors en considération la connaissance comme subjective et collective.

On peut distinguer deux types de recherches sur la connaissance inter-organisationnelle : celle s'intéressant avant tout à la forme ou la structure (section 3.1) et celle traitant du contenu (section 3.2). La section 3.3 propose une synthèse de ces deux perspectives, avant de traiter du système de R&D et de l'innovation, ainsi que des réseaux de R&D dans la section 3.4.

3.1. Perspectives mettant l'emphase sur la forme

3.1.1. Réseaux, alliances et partenariats

On peut distinguer plusieurs types de réseau : Magnusson et Nilsson (2003) cités par Cricelli et Grimaldi (2010) font la distinction entre *supply-chain network* correspondant au réseau logistique, *business network* en fonction des partenaires d'affaires intervenants et le *research*

network faisant intervenir les acteurs de la recherche. Plus récemment Cricelli et al. (2010) distingue dans le domaine des connaissances cinq types de relations inter-organisationnelles : *knowledge chain*, *knowledge supply*, *business network*, *research network* et *learning network*. La distinction entre ces types de réseaux se fait sur six critères portant sur les connaissances : création, stockage, partage et distribution, application, capitalisation et raffinement, identification (voir la Figure 3.1 et le Tableau 3.1).

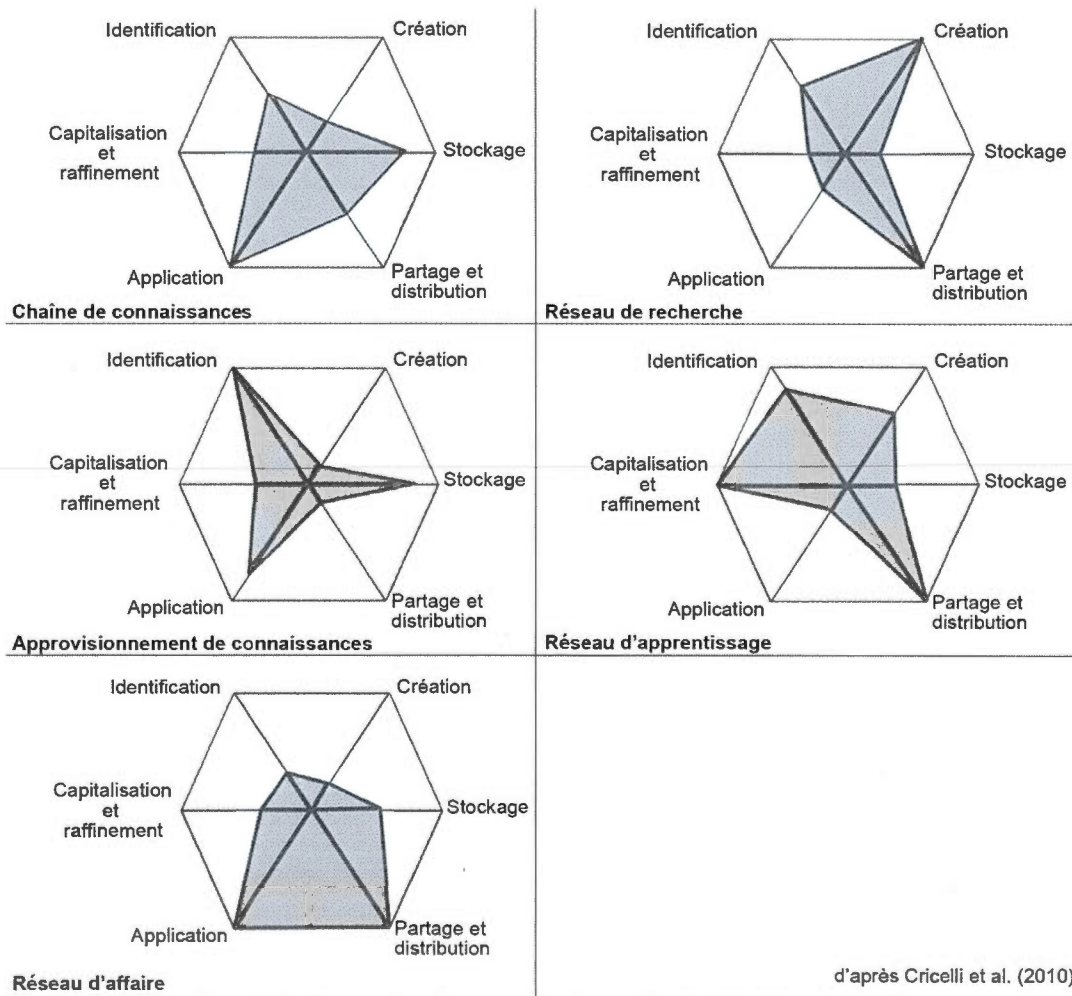


Figure 3.1 - Comparaison des types de réseaux d'après Cricelli et al. (2010)

Tableau 3.1 - Comparaison des types de réseaux d'après Cricelli et al. (2010)

	Chaîne de connaissances	Approvisionnement de connaissances	Réseau d'affaire	Réseau de recherche	Réseau d'apprentissage
Sujet principal du réseau	Intégration	Résolution de problème	Exploitation	Développement et exploration	Échange et apprentissage
Focus des connaissances	Capacités complexes	Expertises	Compétences clés	Innovation	Tacites et expériences
Niveau de contrôle	Haut	Haut	Moyen	Bas-Moyen	Bas
Flux de connaissances	Directionnel	Directionnel	Multi-directionnel	Multi-directionnel	Multi-directionnel
Principale activité de connaissances	Application	Identification et partage	Application	Création	Capitalisation et raffinement

La littérature sur les alliances s'intéresse spécifiquement aux réseaux inter-organisationnels. Elle a dans un premier temps analysé celles-ci sous une forme simple liant deux organisations. Par la suite, l'analyse des réseaux sociaux s'est penchée sur une structure plus globale liant une multitude d'entreprises et d'organisations (Forgues, Fréchet, et Josserand, 2006).

Les alliances peuvent être formelles sur la base d'un contrat, ou informelles reposant sur la confiance. Ces différentes formes sont complémentaires (Poppo et Zenger, 2002). D'un point de vue fonctionnel, Galaskiewicz (1985) voit trois raisons pour une entreprise de recourir à de telles alliances : l'accès aux ressources (via les fournisseurs), les enjeux politiques (par exemple pour le lobbying), la légitimation (en se liant à plus réputé, on augmente sa propre légitimité). À ces raisons fonctionnelles, on peut ajouter des raisons dialectiques (Forgues, Fréchet, et Josserand, 2006), relevant d'effets secondaires, par exemple les effets d'apprentissages (Amabile et Gadille, 2006), ou l'imposition de standards (Katz et Shapiro, 1985). Ainsi, les alliances peuvent mener à la diffusion de connaissances stratégiques et à l'appropriation des compétences et capacités clés par les partenaires (Jarillo et Stevenson, 1991). Cela peut toutefois faire partie de la stratégie de l'entreprise, tel que dans le cas de l'entreprise Sun jusqu'à son rachat par Novell qui communiquait librement ses résultats à ses partenaires pour les faire progresser et se rendre plus forte par le fait d'un réseau plus solide (Garud et Kumaraswamy, 1993). Les alliances de recherche et développement « sont à la fois un billet d'admission à un réseau d'information et un véhicule à de rapides diffusions

d'actualités sur les opportunités et obstacles » (Ichijo et Nonaka, 2007, p. 20, traduction libre). Gulati (1998) identifie cinq enjeux dans l'étude des alliances : 1) la formation des alliances, 2) le choix de la structure de gouvernance, 3) la dynamique d'évolution des alliances, 4) les performances des alliances et 5) les conséquences sur la performance des firmes entrant dans des alliances.

Corbel (2009) distingue les alliances des partenariats en fonction du type de relation entre les entreprises : s'il s'agit d'entreprise ayant une activité similaire dans le cadre de l'entente, il s'agit d'une alliance. Si la relation est plus proche d'une relation client — fournisseur, il s'agit d'un partenariat. On parlera aussi de partenariat dans le cadre d'une relation entre une entreprise et une université ou un centre de recherche. Le Tableau 3.2 distingue les différents types de relations (d'après Doz et Hamel, 2000; Corbel, 2009).

On peut distinguer deux types d'alliances : les alliances horizontales et les alliances verticales (Niosi, 1995). Les premières correspondent à des entreprises se situant sur le même marché, ou sur des marchés relativement identiques, qui pourraient donc se trouver en situation de concurrence, mais décident de s'allier pour le développement de nouvelles technologies. Les alliances verticales lient clients et fournisseurs dans une industrie. Ces alliances peuvent par ailleurs être régionales, nationales ou internationales. Doz et Hamel (2000) distinguent trois types d'alliances : 1) les alliances de cooptation où les alliés cherchent à avoir une certaine masse critique, par exemple en terme de taille de marché ; 2) les alliances de cospécialisation où les alliés cherchent chez le partenaire des connaissances ou compétences qu'ils n'ont pas en interne ; 3) les alliances visant à s'approprier un savoir-faire, que l'on peut voir comme étant un transfert de connaissance et de compétence. Le Tableau 3.2 regroupe ces différents types d'alliances en fonction des acteurs.

Tableau 3.2 - Types d'alliances (d'après Doz et Hamel, 2000; Corbel, 2009).

Type d'organisme	Type de relation
Entreprises similaires	Alliances de cooptation
	Alliances de cospécialisation
	Alliances visant à s'approprier un savoir-faire
Client - fournisseur	Partenariat de sous-traitance
	Partenariat de codéveloppement
Entreprise - université	Contrat de recherche
	Engagement conjoint dans des programmes et réseaux
	Création d'une entreprise par l'institution de recherche

Concernant les partenariats, on peut voir une large gamme allant de la sous-traitance classique au partenariat de codéveloppement, coconception ou co-création. La sous-traitance classique joue sur la relation de pouvoir du donneur d'ordre. Toutefois, en s'inspirant des relations orientales — notamment japonaise, où les partenaires entretiennent des relations de long terme au sein de Keiretsu (Daidj, Gardet, et Mothe, 2006), un nombre grandissant d'entreprises occidentales ont modifié leurs relations pour aller vers des relations de codéveloppement. Garel (2003b) distingue le codéveloppement de la sous-traitance traditionnelle en se basant sur cinq caractéristiques : 1) la sélection du fournisseur se fait sur des critères stratégiques et en amont du développement, 2) le fournisseur possède une large possibilité d'intervention, 3) celui-ci a une responsabilité quant au résultat global, 4) la communication entre partenaires est importante et ne se résume pas à un cahier des charges, 5) l'intégration ne se fait pas que suivant une logique technologique, mais aussi économique, car il ne s'agit pas d'une relation de court terme, mais d'une volonté de relation à long terme.

Dans le cadre d'un partenariat entre une entreprise et une institution de recherche (université, centre de recherche, laboratoire, etc.), Romon et Fernez-Walch (2006) distinguent trois formes que celui-ci peut prendre : 1) un contrat de recherche liant directement l'entreprise et l'institution de recherche ; 2) l'engagement conjoint dans des programmes et réseaux, passant souvent par un acteur tiers, tel qu'un financement public, 3) la création d'une entreprise par l'institution de recherche, par exemple un ancien doctorant ou un chercheur de celle-ci.

On regroupera ces différentes formes d'alliances et de partenariats dans un même ensemble d'alliance ou partenariat — **les termes seront utilisés comme équivalents** — , que l'on définira en suivant Ingham comme étant « un accord de collaboration explicite, établi dans une perspective de durée, par lesquels des membres d'entreprises interagissent pour en réaliser l'objet » (Ingham, 1994). À noter qu'Ingham et Mothe placent la coopération à l'intersection de l'alliance et de l'apprentissage (Ingham et Mothe, 2003). Ainsi, la collaboration et la coopération correspondent à l'aspect opérationnel observé sur le terrain là où l'alliance et le partenariat correspondent à la dimension stratégique.

En examinant les effets des structures de réseaux inter-organisationnels sur les décisions d'acquisition, Beckman et Haunschild (2002) proposent un modèle selon lequel les entreprises apprennent par échantillonnage de la diversité des expériences de leurs partenaires du réseau. Ces résultats étendent les recherches sur les réseaux et sur l'apprentissage en montrant que l'expérience collective du réseau affecte la qualité des décisions. Par ailleurs, on peut considérer que deux caractéristiques sont essentielles pour mener à un processus d'innovation : comment les entreprises mettent en commun leurs ressources en matière de connaissances, et comment elles tirent des informations sur les partenaires potentiels (Cowan, Jonard, et Zimmermann, 2007). Ceci — entre autres choses — fait qu'une partie de la valeur des organisations provient de leurs participations à un réseau, dont la structure émerge des règles qui guident les décisions de coopérations sur certains marchés spécifiques. Ainsi, participer à un réseau peut permettre à une entreprise d'augmenter sa valeur (Kogut, 2000).

Concernant la gouvernance des réseaux, Carlsson (2003) détermine trois types de structures :

- 1) les réseaux extra sont des réseaux dessinés et gouvernés par des firmes, où la participation est restreinte (réseau fermé) ;
- 2) les réseaux inter sont dessinés et gouvernés par des firmes, mais la participation n'est pas restreinte. Enfin,
- 3) les réseaux ouverts sont des réseaux permettant à quiconque d'y participer, sans gouvernance spécifique par des firmes (par exemple bon nombre de réseaux de logiciels à code source ouvert, comme Linux). Ces réseaux peuvent même être complètement horizontaux et mener à l'innovation, si les trois conditions suivantes sont réunies : les utilisateurs sont suffisamment incités à innover, il y a suffisamment d'utilisateurs prêts à partager leurs informations et connaissances, les

productions des utilisateurs peuvent rivaliser avec des productions et distributions commerciales (von Hippel, 2007). Ce type de réseaux sans structure hiérarchique ni forme de centralisation permet un meilleur partage de connaissances et des relations latérales informelles plus nombreuses (Tsai, 2002).

Réunissant les perspectives géographiques et de gouvernance, la littérature sur les grappes industrielles (Steiner, 1998), régionales (Cooke, 2001; Whitford et Potter, 2007) ou nationales (Nelson, 1993) forment des systèmes nationaux d'innovation (SNI), c'est-à-dire des « systèmes interactifs entre entreprises privées et publiques (grandes ou petites), universités et organismes gouvernementaux en vue de la production de science et de technologie au sein des frontières nationales » (Niosi et al. 1993, traduction libre). Réunis au sein de ces SNI, les liens entre les différents acteurs que sont l'État, l'industrie, le monde académique doivent — pour être efficaces et innovants — relever d'un modèle en triple hélice (Etzkowitz et Leydesdorff, 2000). Ce modèle relève d'un couplage serré entre ces différents milieux formant un réseau inter-organisationnel. Etzkowitz se réfère à une triple hélice, car les activités sont trop interreliées pour être considérées simplement comme des communications entre différents groupes. Les systèmes productifs locaux (SPL) sont des sous-catégories d'une SNI. Prax et al. (2005) les définissent comme étant « l'ensemble des organisations productives groupées sur un même territoire et structurées autour d'une même filière professionnelle ». Pour ces auteurs, les entreprises dans ces SPL connaissent un plus fort taux d'innovation que les grandes entreprises, car ils forment des incitatifs à l'innovation dans le cadre d'une économie de marché (OCDE, 2002), et ce grâce à leur modèle d'organisation en réseau.

3.1.2. L'analyse des réseaux inter-organisationnels par les réseaux sociaux

Les auteurs s'intéressant aux formes se sont beaucoup basés sur la notion de réseau social. Le réseau social peut se définir comme étant « constitué d'un ensemble d'unités sociales et des relations que ces unités sociales entretiennent les unes avec les autres, directement, ou indirectement, à travers des chaînes de longueurs variables » (Mercklé, 2004, p. 4). Au niveau de la méthode, l'analyse de réseaux sociaux présente l'immense avantage d'être

compatible avec une analyse informatique, à travers des logiciels comme Pajek (Batagelj et Mrvar, 1998; de Nooy, Mrvar, et Batagelj, 2005) ou Ucinet (Borgatti, Everett, et Freeman, 2002), valeurs comme la centralité, la distance moyenne, etc.

Concernant les formes à adopter, il n'y a pas un seul type de configuration de réseau possible comme le montre la comparaison entre les réseaux d'organisation entre la route 128 de Boston — dont quelques acteurs sont très centraux — et la Silicon Valley — où il y a moins d'acteurs centraux dans la structure du réseau et pourtant tous les deux étant des réseaux donnant lieu à quantité d'innovations (Saxenian, 1994; Kogut, 2000). Les réseaux peuvent prendre différentes formes, ces différences de structure entraînant des différences dans l'ordre social (Barley, 1986). Ainsi, plusieurs auteurs étudient à partir de modèles mathématiques les effets de différentes structures sur la diffusion d'innovation. Par exemple, Chang et Harrington (2007) déterminent que l'émergence de réseaux efficaces d'innovation est facilitée par une structure en chaîne avec des innovateurs comme source d'idées et des imitateurs agissant comme des connecteurs entre les innovateurs et les masses. Pour Floricel et al. (2008), la structure du réseau dépend du type de fondement de connaissances : selon qu'ils soient basés sur la science, la technologie ou l'expérience, la structure des relations inter-organisationnelles sera modifiée. Les grappes basées sur la science voient les communautés scientifiques jouer un rôle important ; celles basées sur la technologie mettent l'emphase sur les associations avec d'autres industries. Enfin, celles basées sur l'expérience voient les contributions internes jouer un plus grand rôle.

L'une des contributions majeures de cette approche est la mise en évidence de l'importance des liens faibles qui font la force du travail en collaboration (Granovetter, 1973), ce que viennent appuyer ses travaux ultérieurs (1983). L'idée est de décomposer les liens entre individus, entre liens forts (par exemple avec des amis proches, des collaborateurs très fréquents, etc.) et liens faibles (des personnes que l'on connaît, avec lesquelles on travaille de temps à autre). Granovetter aboutit à la conclusion de « la force des liens faibles » en montrant que ces derniers permettent une plus grande diversité, en touchant à de nouveaux groupes sociaux, de nouvelles idées, de nouveaux concepts, en permettant une plus grande diversité, des idées originales par métissage, etc.

Dans la continuité de Granovetter, Burt (1992 ; 2004) avance le concept de trou structurel — basé sur la non-redondance de liens. L'idée est la suivante : analyser un réseau pour observer les faiblesses structurales de celui-ci, notamment lorsqu'il n'y a qu'un point de passage entre une partie du réseau et une autre. Les intermédiaires sont plus proches de ces trous structuraux, et deviennent l'intermédiaire obligatoire entre les deux noeuds, reliant deux sous-réseaux qui seraient sans eux déconnectés. Pour Burt, les trous structuraux dans le réseau social des acteurs de R&D sont synonymes d'innovation plus probable, donc de plus grande efficacité. Dans cette approche, l'accent est mis sur la découverte d'informations pertinentes, et les liens doivent être faibles pour mener à l'innovation, car des liens trop forts engendrent de la redondance inutile. Par ailleurs, moins de couplage permet une plus grande adaptabilité, une plus grande flexibilité, les liens forts contraignant l'action. On peut voir dans l'étude d'Hargadon et Sutton (1997) une confirmation à partir d'une méthode ethnographique des travaux de Burt. Ils montrent que des courtiers de connaissances, qui mettent avec succès en relation différentes connaissances de réseaux différents, permettent une recombinaison de savoirs déjà existants, pour mener à l'innovation, ce qui permet de contourner certaines barrières au transfert de connaissances.

Par ailleurs, un grand nombre d'études s'appuient sur le principe des liens faibles. Par exemple, Aguiton et Cardon (2007) proposent un modèle de coopérations faibles qui permettrait de décrire les nouveaux usages sur internet, non en termes d'appartenance à une communauté, mais comme ensemble de caractéristiques favorisant des collaborations « opportunistes ». Ce modèle pourrait alors s'exporter dans d'autres types d'organisations.

Powell et al. (1996) s'intéressent aux réseaux d'apprentissage, c'est-à-dire aux formes de collaborations inter-organisationnelles, formant des réseaux de connaissances, d'innovation. Ils cherchent à comprendre les effets de la structure en réseau sur le processus d'innovation. Alors que la collaboration est généralement vue selon deux approches différentes, l'une stratégique (par exemple Katz et Shapiro, 1985), l'autre comme un processus d'apprentissage social (par exemple Brown et Duguid, 1991), Powell et al. s'appuient sur le réseau réticulaire que forment ces deux idéaux types trop souvent opposés. À l'instar de Cohen et Levinthal

(1990), les auteurs créent un concept de capacité d'absorption dans un réseau, fonction de compétences internes et de collaborations externes, les deux étant complémentaires. Ainsi, les réseaux d'apprentissage — concept mis en lumière par les auteurs — ne compensent pas des manques en interne, ni ne doivent être considérés comme de simples transactions. Il s'agit d'un élément organisationnel et stratégique central. Finalement, l'innovation se fait au niveau du réseau lui-même.

Powell et al. (1996) montrent que 1) les alliances de R&D et l'expérience de réseaux d'apprentissage influencent positivement le portfolio de liens. 2) La quantité de collaboration de R&D, l'expérience et la diversité des liens permettent d'augmenter la centralité d'une entreprise au sein du réseau. 3) L'organisation qui a une place centrale et une bonne expérience de collaboration à une croissance plus rapide. 4) La centralité de la firme va entraîner un grand nombre de collaborations de R&D. Par ailleurs, Powell et al. mettent l'accent sur la sérendipité des réseaux naissants des collaborations, les bénéfiques étant bien supérieurs à ceux attendus, et de toutes autres natures puisqu'étant essentiels pour l'innovation. C'est une des raisons pour lesquelles les firmes utilisent de plus en plus les réseaux, et créent de plus en plus de liens. Dans ces réseaux, l'apprentissage devient réciproque et les frontières de plus en plus mouvantes, voire parfois presque effacées. La structure des réseaux d'alliances a des effets sur la création de connaissances. Les entreprises bien connectées ayant des liens courts (c'est-à-dire peu d'intermédiaires) ont plus de chance d'innover (Schilling et Phelps, 2007). Dans ces réseaux, les notions traditionnelles de compétition ou de coopération se brouillent pour donner lieu à une version hybride, à mi-chemin, de « coopétition » (voir par exemple Prévot, 2007).

Il est également nécessaire de prendre en considération la dimension géographique. Ainsi, Bell et Zaheer (2007) étudient le passage de la connaissance à travers les frontières organisationnelles et l'espace géographique, et montrent que les liens sont plus forts dans la transmission de savoirs lorsque ces liens sont géographiquement plus proches. Cependant, ces résultats peuvent être atténués par des individus ayant des liens d'amitié. Dans ce cas, même en étant géographiquement éloignés, ils forment en termes de passage de connaissances des conduits supérieurs à des relations dépourvues de liens affectifs. Cela

permet alors d'enjamber les « trous géographiques ». Il s'agit d'un élément important à prendre en considération dans les échanges de connaissances, ceux-ci n'étant pas indépendants de la dimension spatiale.

Pour Hansen, « des liens faibles peuvent conduire à la recherche de bénéfices dans un réseau social, mais ils peuvent aussi causer des problèmes de transfert de formes de savoir complexes » (Hansen, 1999, p. 83, traduction libre). En effet, en s'intéressant aux liens, mais non à leur nature, les chercheurs du domaine des réseaux sociaux simplifient à l'excès la nature de ceux-ci. L'innovation résulte de la recombinaison des connaissances détenues par les partenaires, de la collaboration, et son succès est en partie déterminé par la façon dont les connaissances se complètent (Cowan, Jonard, et Zimmermann, 2007). D'où l'importance de s'intéresser au contenu des échanges.

3.2. Perspectives mettant l'emphase sur le contenu

Les recherches sur l'innovation et le développement de produits (pour une revue de littérature voir Ranft et Lord, 2000) mettent l'emphase sur le contenu de ce qui circule et ce qui se crée dans un réseau, même si le concept de réseau n'est pas explicitement abordé par l'auteur. L'information et la connaissance provenant de l'extérieur de l'équipe y sont importantes pour celle-ci qui doit entretenir des liens (Tushman, 1977). Il doit y avoir des personnes maintenant des liens avec l'extérieur de l'organisation, voire l'extérieur du réseau, sous peine de s'y retrouver enfermé, tel que le note Uzzi (1997) lorsque les acteurs sont trop refermés sur eux-mêmes, entraînant une déconnexion avec l'extérieur de ce réseau.

La créativité, nécessaire pour l'innovation doit prendre en compte une grande diversité de savoirs, de personnes, etc. (Woodman, Sawyer, et Griffin, 1993). Le chemin menant à l'innovation passe ici par un couplage fort au sein de l'organisation (Clark et Fujimoto, 1991) qui représente un réseau intra-organisationnel, et à l'extérieur des frontières pour le réseau inter-organisationnel. C'est le mouvement des connaissances qui intéresse les auteurs focalisant sur le contenu, et les liens doivent être forts pour mener à l'innovation. Comme cela a été décrit dans le chapitre 2, la connaissance peut être tacite et nécessiter une

interdépendance importante pour être utilisable (Nelson et Winter, 1982). Le transfert de connaissances non codifiées nécessite des liens étroits (Beckman et Haunschild, 2002), d'où l'importance de maintenir des liens forts. Lors de transferts inter-organisationnels de savoirs, les joint-ventures permettent de transférer plus de connaissances complexes que les alliances sous la forme de licences ou de contrats (Kogut, 1988; Mowery, Oxley, et Silverman, 1996). Par ailleurs, la réussite des transferts et de l'apprentissage lors de telles alliances est fortement liée à la capacité d'absorption (Cohen et Levinthal, 1990).

Les réseaux ont aussi l'avantage de ne pas avoir de frontières nettes, celles-ci étant fluctuantes dans le temps et suivant le niveau d'analyse. Ce flou est une des forces du concept, et de la gestion dans un univers lui-même fluctuant, à haute vélocité (Eisenhardt, 1989), ce qui entraîne des changements fréquents dans les liens avec ses partenaires (Podolny, Stuart, et Hannan, 1996). Cette caractéristique permet à Seufert et al. (1999) de faire des réseaux de connaissances un cadre conceptuel permettant de repenser la gestion des connaissances pour éliminer les barrières au savoir. Mais il y a une contrepartie : les firmes existent parce que des personnes à l'intérieur ont des préférences pour des communautés morales, des identités partagées. Cette identité joue un rôle symbolique permettant une plus grande vitesse et efficacité dans la création et le transfert de savoirs (Kogut et Zander, 1996). Avec l'effacement des barrières, des frontières avec l'extérieur et le mélange des savoirs, il y a un risque de perte de l'identité organisationnelle d'une firme.

Ainsi, à l'inverse des chercheurs s'intéressant à la forme, les chercheurs se focalisant sur le contenu (apprentissage et connaissances) ne prennent pas suffisamment en considération la structure du réseau.

3.3. Forme et contenu combinés

Il y a un compromis à faire entre utiliser la connaissance des autres et avoir cette connaissance à disposition. Pour obtenir le maximum d'efficacité, la nature des liens doit être dépendante de la complexité du savoir en jeu : à connaissances complexes (non codifiées et dépendantes), liens forts ; à connaissances non complexes (codifiées et indépendantes), liens

faibles (Hansen, 1999). Par ailleurs, si les liens entre unités sont importants à prendre en considération, il est aussi nécessaire de prendre en compte le savoir relaté au sein du réseau. C'est en prenant ces deux aspects en considération qu'Hansen (2002) définit un réseau de connaissances. Dans une perspective proche, Fliaster et Spiess (2008) construisent un modèle d'analyse prenant en considération les avantages du partage de connaissances et les désavantages des coûts liés.

Reagans et McEvily (2003) examinent comment les différentes caractéristiques de réseaux informels influent sur le transfert de connaissances. Ils se concentrent sur la manière dont la structure du réseau influence le processus de transfert de connaissances. Selon les auteurs, la cohésion sociale autour d'une relation influe sur la volonté et la motivation des individus à investir temps, énergie et efforts dans le partage des connaissances avec d'autres. Par ailleurs, la portée du réseau (définie comme regroupant les liens avec différents ensembles de connaissances) augmente la capacité d'une personne à exprimer des idées complexes à des publics hétérogènes. À la fois la cohésion sociale et la portée du réseau vont faciliter le transfert de connaissances. C'est une conséquence de l'encastrement de l'action économique dans la structure sociale, qui permet entre autres une adaptation plus complexe (Uzzi, 1997), avec les conséquences négatives déjà évoquées de risques de déconnexion d'avec les organisations et savoirs se situant en dehors du réseau.

Cet écosystème de connaissances et d'apprentissage interagit avec l'environnement et crée de la connaissance, et ce, en lien avec sa propre structure. Il forme un réseau de connaissances, où la subjectivité n'est pas un bruit parasite à éliminer, mais ce qui fait le lien dans le réseau, permettant de transcender les frontières de la firme. Les organisations souhaitant innover doivent pour profiter de cette alliance entre structure et contenus adopter de nouvelles pratiques basées sur un nouveau mode de fonctionnement qualifié d'innovation ouverte (voir la section 3.4.1) (Chesbrough, 2003), où l'innovation se fait en réseau, où les frontières de l'entreprise ne sont pas des murs empêchant le travail collaboratif externe. On représente sur la Figure 3.2 cette importance des structures et du contenu au sein du même écosystème d'innovation, afin de marquer la nécessaire prise en considération des deux.

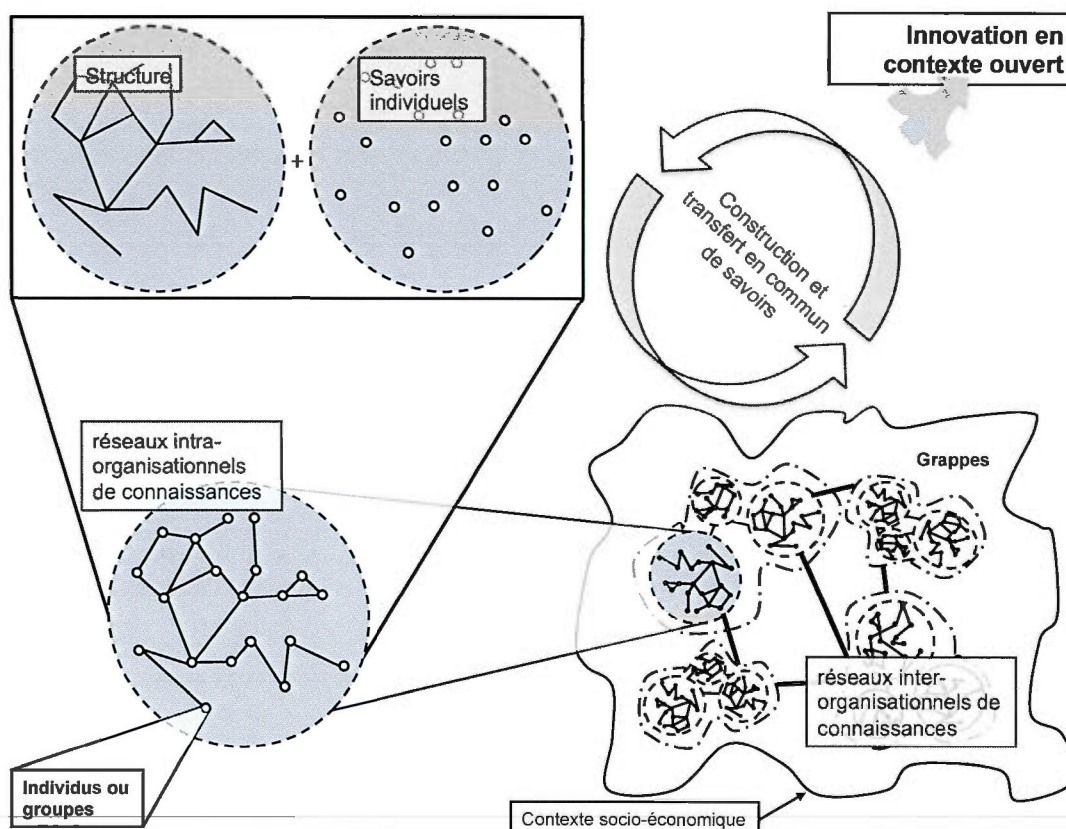


Figure 3.2 : L'écosystème d'innovation doit prendre en considération la structure et le contenu des réseaux de connaissances

3.4. Système de R&D et réseaux inter-organisationnels

3.4.1. Le système de R&D

Lorsqu'on parle de recherche, on établit usuellement deux catégories au sein de celle-ci : la recherche fondamentale, portant sur des enjeux d'ordre théorique, et n'ayant pas d'application immédiate dans l'esprit des chercheurs au moment où ils font de la recherche ; la recherche appliquée, visant à une application dans la société, à partir des connaissances développées initialement dans la recherche fondamentale. Si cette séparation paraissait à l'origine assez simple, elle est de plus en plus floue. Il est parfois difficile de déterminer si une recherche relève plus de l'une ou de l'autre de ces catégories.

En ce qui concerne le développement, on peut le définir comme étant un « processus contrôlé qui active des compétences et des connaissances existantes afin de spécifier un système (produit, process ou organisation) qui doit répondre à des critères bien définis (qualité, coût, délai) et dont la valeur a déjà été clairement conceptualisée, voire évaluée » (Le Masson et Hatchuel, 2006, p. 211).

Les entreprises, notamment dans le secteur des hautes technologies, font face à ce qu'on appelle dans la littérature le dilemme exploration / exploitation (March, 1991). Sachant que la R&D coûte cher, quelle proportion doit-elle prendre dans les budgets de l'entreprise. Il peut être plus rentable d'investir directement dans l'exploitation d'une découverte ou d'une innovation, mais l'entreprise peut alors vite se faire rattraper par la concurrence. Par ailleurs, si l'entreprise investit trop en R&D, elle risque de ne pas être capable d'offrir les innovations qu'elle a développées. Il s'agit donc d'un équilibre à trouver entre la rentabilité immédiate et la rentabilité future de l'organisation.

Par ailleurs, la gestion des projets de R&D s'est transformée à travers le temps. Passant d'une conception classique linéaire, celle-ci est passée à l'ingénierie concurrente (déjà couramment utilisée au Japon dans les années 80 cf. Nonaka, 1990) puis à l'ingénierie modulaire.

Le monde de la recherche est un univers éminemment complexe, d'autant plus que sa gestion est confrontée à de grandes problématiques : l'accélération du rythme d'accumulation des connaissances et des innovations, des modes de production en transformation ou bouleversement, une hybridation croissante des réseaux de recherche, un questionnement sur les infrastructures de recherche, des besoins de financement importants et croissants, une importance accrue du « client » de la recherche augmentant le poids des partenaires, des attentes croissantes en terme de résultats, une concurrence nationale et internationale accrue, une hétérogénéité et interdépendance accrue (Barré, Laet et Theys, 2007).

On appellera le **système de R&D** l'entité en charge de la recherche et du développement au sein d'une entreprise. L'objectif de celui-ci est de produire des connaissances visant à établir

des innovations technologiques. Les différents systèmes de R&D des organisations et institutions d'une industrie constituent le système de R&D de l'industrie en question.

Le système de R&D constitue le système orientant la recherche et le développement d'une organisation, ainsi que le mode par lequel elles s'organisent pour arriver à leurs fins. Son objectif est la production de connaissances et de technologie visant à arriver à de l'innovation au sein de l'entreprise. Étant intégré à l'organisation, le système de R&D est lui-même soumis à la logique managériale, tel que représenté sur la Figure 3.3.

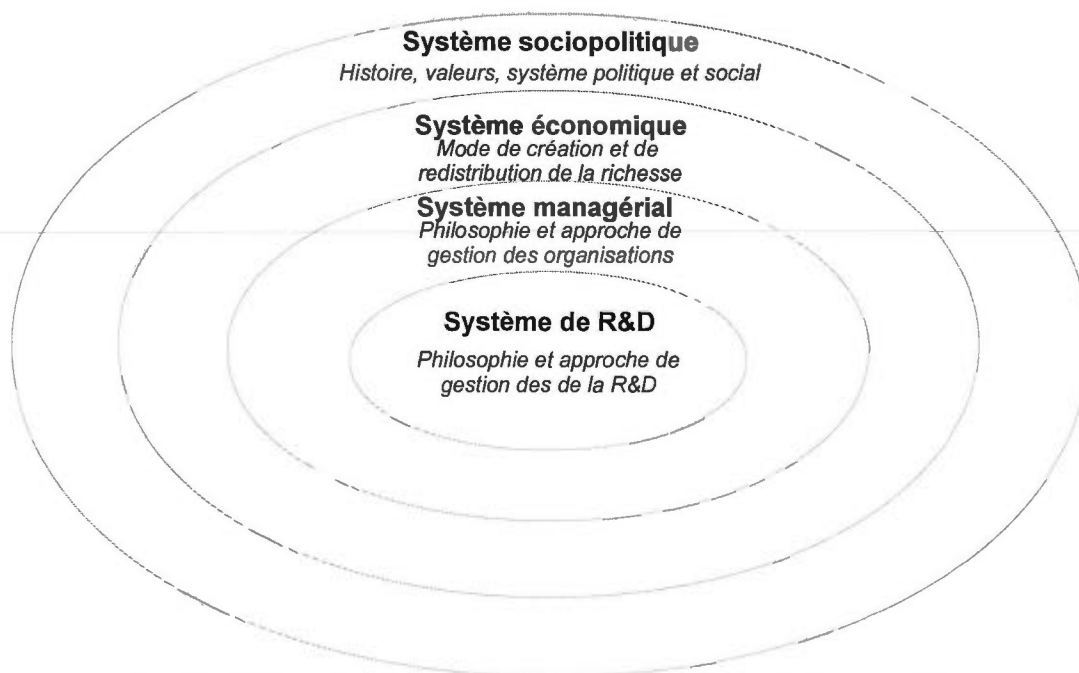


Figure 3.3 - L'imbrication des systèmes de R&D, managérial, économique et sociopolitique

3.4.2. Deux chemins contemporains aux systèmes de R&D : l'éco-innovation et l'innovation ouverte

3.4.2.1. L'innovation

L'innovation, provenant du latin *inovatio*, signifiant renouvellement correspond à « la mise en œuvre d'un produit (bien ou service) ou d'un procédé nouveau ou sensiblement amélioré, d'une nouvelle méthode de commercialisation ou d'une nouvelle méthode organisationnelle dans les pratiques de l'entreprise, l'organisation du lieu de travail ou les relations extérieures » (OCDE, 2005, p. 54). Mettant plus en valeur le processus humain et la dynamique au sein de la société, Bédard, Ebrahimi et Saives (2006, p. 387) définissent l'innovation comme « le processus de création, invention et exploitation des idées nouvelles par et pour les humains dans la sphère socioéconomique ».

L'innovation se distingue de l'invention, car contrairement à cette dernière, elle n'est pas unique et ne dépend pas seulement des capacités inventives de ses concepteurs, et de leurs moyens financiers et matériels. L'innovation vise à être adoptée par des utilisateurs ou bénéficiaires de celle-ci, donc à se distribuer par un marché ou par un autre moyen économique la diffusant.

Morand et Manceau (2009, p.13) précisent que « l'innovation est le fruit d'un processus global dans lequel la R&D n'est qu'un ingrédient parmi d'autres, à intégrer dans une démarche organisationnelle complexe. L'innovation relève à la fois de la R&D, du développement et de la protection des technologies, de l'organisation, du marketing, du design, de la créativité, de la stratégie d'entreprise, de l'organisation, des politiques de recrutement, et de toutes les composantes du management. Même dans les secteurs où la recherche joue un rôle fondamental, les entreprises innovantes sont celles qui savent construire une véritable interaction entre la R&D et le marketing. L'innovation est le fruit de processus multiples associant de nombreux facteurs fonctionnels et organisationnels ».

Schumpeter (cf. Chapitre 1, section 1.1.2) fait de l'innovation le moteur de l'économie capitaliste. Pour l'économiste, l'acteur principal du système capitaliste est l'entrepreneur, acteur innovant et à l'origine du mécanisme de destruction-créatrice : en innovant, l'entrepreneur crée un service ou un produit prenant la place de ceux déjà existants, capable de mettre à mal de grandes entreprises. Il permet alors de créer de la valeur, jusqu'à sa future destruction par un autre entrepreneur-innovateur.

L'innovation est également un phénomène sociologique étudiée notamment par Alter. Celle-ci est le résultat de croyances des individus croisées avec les valeurs de la société dans un contexte donné.

« Innover n'a rien d'un acte économiquement rationnel, au sens classique de ce terme : l'innovateur fonde son action sur des "croyances" en des bienfaits de tel ou tel dispositif, de telle ou telle action. Et ce qui l'amène à croire en ces bienfaits est généralement lié à un effet de norme : à un moment donné, dans des circonstances données, il est "normal" de croire telle ou telle chose » (Alter, 2003, p.71).

Contrairement à l'idée reçue et aux travaux présentant l'innovation comme une série séquentielle de processus, de recherche, développement, production, marketing, mais un processus non linéaire où ces différentes phases interviennent en l'interaction, entre les différents acteurs des concepteurs aux utilisateurs (Kline et Rosenberg, 1986).

L'innovation provoque un phénomène de dépendance au sentier (David, 1985) : les innovations précédentes influencent durablement le développement des innovations à venir. Celles-ci se développent dans le sillage des technologies ou concepts précédemment développés sans revenir sur les voies alternatives éliminées au cours du processus. David donne l'exemple du clavier QWERTY développé initialement afin de ralentir la frappe sur les premières générations de machine à écrire, afin de ne pas bloquer la machine. La technologie a changé, mais le clavier est resté, alors qu'il a été conçu pour être lent, et cause des problèmes de santé. Dans le domaine aéronautique, le design général de l'avion s'est stabilisé dans la première moitié du XXe siècle, et n'est aujourd'hui plus remis en question, tous les avions adoptant ce « design générique ».

On dénombre plusieurs idées reçues sur l'innovation, notamment que celle-ci est nécessairement technologique, ou reliée à des technologies nouvelles, que l'on peut la mesurer à travers le nombre de brevets déposés, que celle-ci relève nécessairement de grandes entreprises, ou nécessairement de petites entreprises, qu'elle est synonyme de hausse de prix, qu'elle est valorisée par les marchés financiers (Morand et Manceau, 2009).

3.4.2.2. Typologies de l'innovation

On peut recourir à plusieurs formes de typologies pour catégoriser les innovations. La première possible consiste à en une distinction de l'innovation selon l'entité sur laquelle elle s'applique. Il est ainsi possible que l'innovation soit une innovation réalisée sur les produits (par exemple sur l'avion), sur les procédés (ex. la façon de fabriquer une pièce de l'avion), le management (ex. L'organisation pour concevoir l'avion), le marché (ex. de nouveaux clients pour un avion).

Il est également courant de distinguer les innovations incrémentales des innovations radicales. Les premières correspondent à des innovations reposant sur la technologie ou le procédé développé précédemment, mais l'améliorant, par exemple en le rendant plus efficace ou moins dispendieux. L'innovation radicale bouleverse en introduisant un produit, un procédé, une organisation radicalement différente.

Par exemple, dans le secteur aéronautique, l'introduction des ailettes verticales (*winglet*) situées à l'extrémité de l'aile permet de réduire de 5 à 10 % la traînée de l'avion, entraînant un gain en carburant équivalent. Même si les effets ne sont pas négligeables, il s'agit d'un changement dans la continuité de l'avion, ne nécessitant pas de ruptures de technologie ou de marché. À l'inverse, l'apparition du turboréacteur représente un bond technologique par rapport au moteur à piston. Il repose sur des technologies beaucoup plus complexes et onéreuses, mais permet d'effectuer des vols beaucoup plus rapides. Son introduction dans l'avion a permis et a nécessité de repenser la structure de l'avion, par exemple en utilisant des matériaux ne risquant pas de se consumer, a permis de voler plus haut, donc a initié

l'introduction de cabines pressurisées, a permis d'augmenter la taille des avions et donc le nombre de passagers, etc.

Christensen (1997) critique cette typologie comme insuffisante pour comprendre les subtilités de l'innovation, et le succès ou l'échec d'innovation. Il distingue les innovations « de maintien » (*sustaining innovation*) des innovations perturbatrices ou de rupture (*disruptive innovation*). Les premières sont des innovations basées sur les technologies et marchés existants, dans la continuité des technologies, procédés ou marchés précédemment utilisés. Elles ne mènent pas à une transformation technologique, d'organisation ou de marché, contrairement aux innovations perturbatrices, qui modifient la nature du marché, des technologies utilisées et/ou les usages en résultant. Ces dernières doivent disposer d'un nouvel attribut les distinguant des précédents services ou produits pour être qualifié d'innovation de rupture. Ce n'est donc pas nécessairement en se basant sur la technologie utilisée que l'innovation se distingue, mais sur ses conséquences sur les acteurs — industrie et marché. L'exemple précédent du turboréacteur correspond à une innovation perturbatrice de par les modifications que son introduction a entraînées sur le marché de l'aviation, rendant possible les vols commerciaux transportant plusieurs dizaines ou centaines de personnes ce qui était impossible auparavant.

Henderson et Clark (1990) reconnaissent également l'insuffisance de la distinction entre innovation incrémentale et innovation radicale. Ils enrichissent cette typologie, en introduisant deux autres types d'innovation : l'innovation modulaire et l'innovation architecturale. Celles-ci se positionnent sur une matrice à deux axes reposant sur la modification ou non des concepts clés et la modification ou non des liens entre les concepts et les composants, tel qu'illustré sur la Figure 3.4.

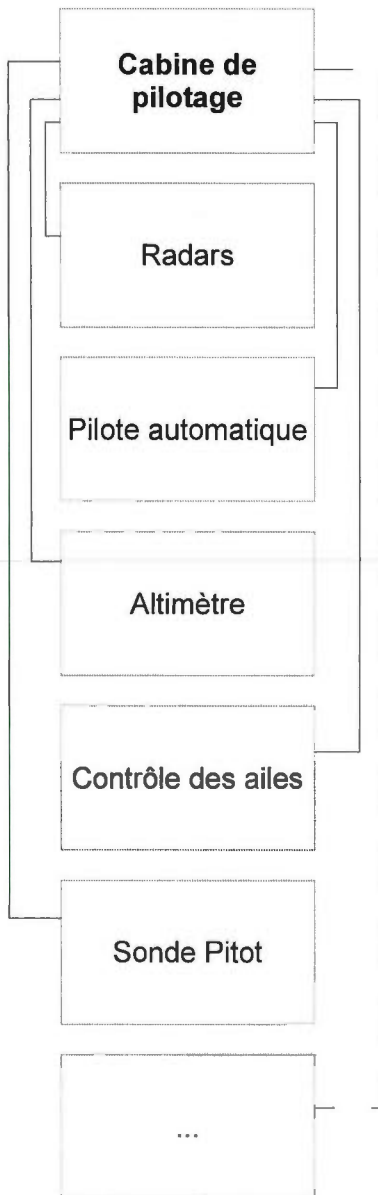
		Concepts clés	
		Renforcés	Modifiés
Liens entre concepts et composants	Inchangés	<i>Innovation incrémentale</i>	<i>Innovation modulaire</i>
	Changés	<i>Innovation architecturale</i>	<i>Innovation radicale</i>

Figure 3.4 - Modèle d'innovation de Henderson et Clark (1990)

L'innovation incrémentale ne modifie ni les concepts clés, ni les liens entre concepts et composants (par ex., les ailettes verticales précédemment mentionnées). L'innovation radicale modifie les deux (toujours le turboréacteur). L'innovation modulaire modifie le concept clé d'une innovation, mais pas ses liens avec les autres composants. On peut citer par exemple l'introduction de la turbosoufflante à réducteur (*Gear Turbofan*) qui a nécessité des années de R&D pour une modification substantielle du moteur permettant d'importants gains en matière de consommation de carburant de ce dernier, mais ne nécessitant pas de modification structurelle importante sur l'avion. À l'inverse, les appareils d'avionique (l'électronique embarquée) permettent une innovation architecturale, car il n'y a pas de modification des concepts clés de l'avion (l'altimètre reste un altimètre, la sonde pitot reste une sonde pitot, etc.), mais leur utilisation entraîne une recomposition de l'architecture entre les différents éléments de l'avion, par exemple en reliant tous les appareils sur un même bus en série, plutôt que de les relier individuellement chacun à la cabine de pilotage, ce qui permet de réaliser d'important gain en complexité de câblage, en coût et en poids (Voir l'illustration sur la Figure 3.5).

Conception traditionnelle

*Chaque élément est relié
à la cabine de pilotage*

**Utilisation de l'avionique
pour un câblage en série**

*Chaque élément est relié
au suivant dans un réseau
Interne à l'avion jusqu'à la
Cabine de pilotage*

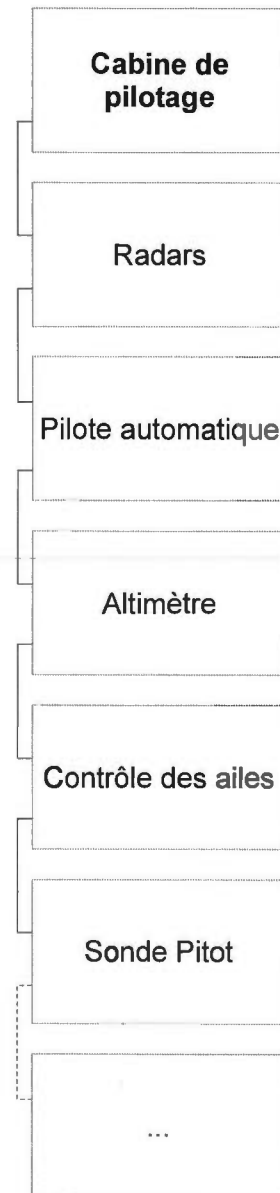


Figure 3.5 - Exemple d'innovation architectural dans le secteur aéronautique : le câblage en série

On peut également distinguer deux types d'innovation mise en avant plus récemment : l'innovation ouverte et l'éco-innovation ou innovation verte.

L'innovation ouverte

L'innovation ouverte (*open innovation*) est un concept théorisé par Henry Chesbrough (2003) à partir des pratiques inspirées du milieu du logiciel, notamment dans le laboratoire PARC de XEROX, et dans le secteur du logiciel libre, mais également observé dans d'autres secteurs industriels de l'économie. Il la définit comme « l'utilisation des flux de connaissances entrantes et sortantes afin d'accélérer l'innovation interne, et d'élargir l'utilisation de l'innovation aux marchés extérieurs. [Ce paradigme] suppose que les entreprises peuvent et doivent utiliser des idées extérieures autant que des idées internes ainsi que les débouchés externes et internes de la même manière qu'elles cherchent à faire progresser leur technologie ».

Il s'agit d'un mode d'organisation valorisant le partage et la collaboration, l'ouverture aux autres dans et en dehors de l'entreprise, moins basée sur la propriété intellectuelle que la capacité d'exploitation des connaissances. Ce mode d'organisation favorise l'innovation, en s'inspirant des pratiques, idées, connaissances, technologies présentes tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'organisation et en les amenant à l'intérieur. À l'inverse, Chesbrough observe que certaines bonnes idées nées à l'intérieur d'organisation, mais ne disposant pas de l'écosystème et du modèle d'affaire nécessaire à leur développement mériteraient d'être exploitées en dehors de l'entreprise, toujours en collaboration avec celle-ci (voir l'illustration du modèle sur la Figure 3.6).

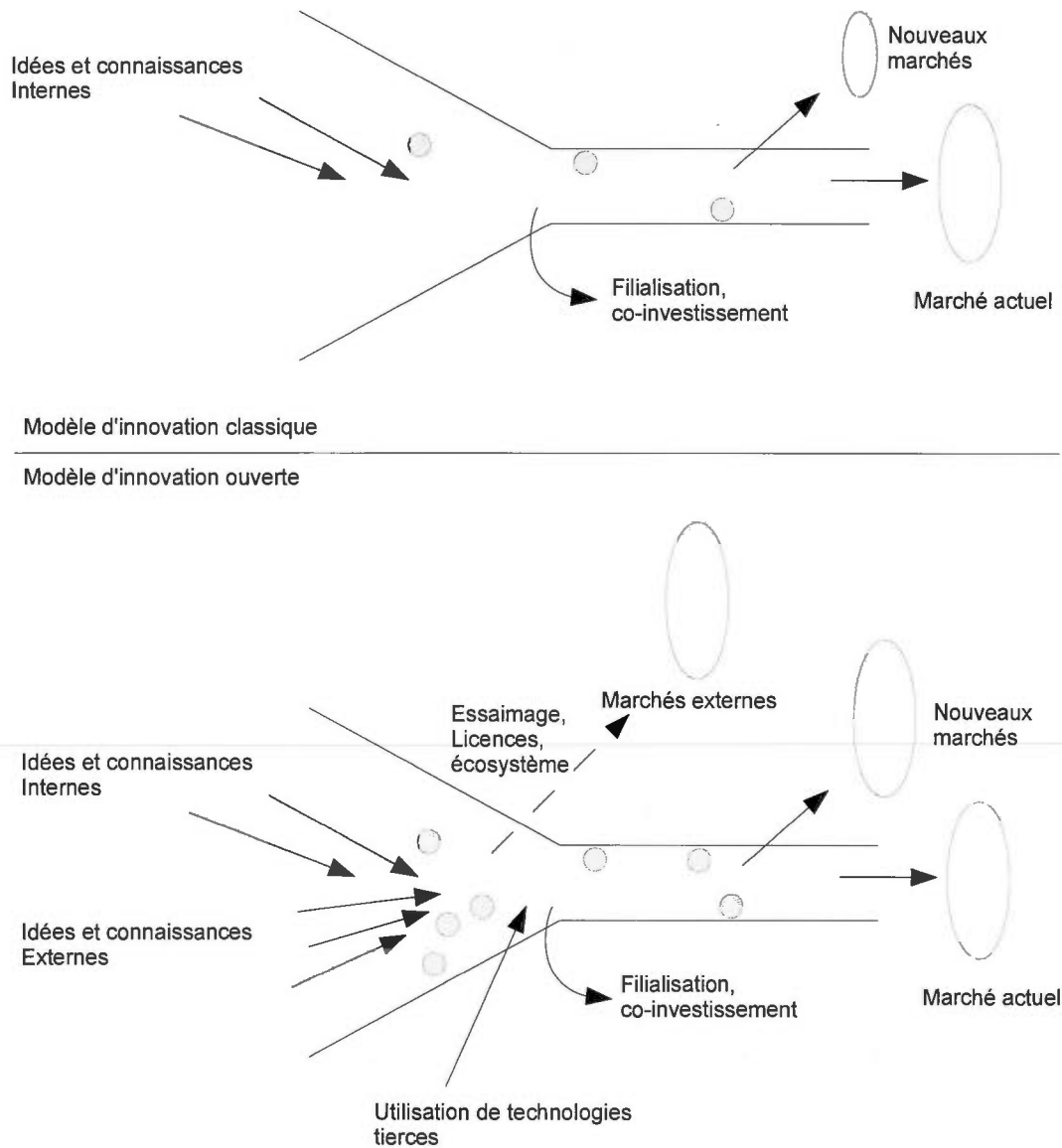


Figure 3.6 - Modèle d'innovation classique - modèle d'innovation ouverte (d'après Chesbrough, 2003)

En tant que tel, le modèle d'innovation ouverte correspond à une innovation managériale, représentant un modèle d'organisation différent. Il vise une plus grande efficacité en autorisant un essaimage d'idées plus important et une plus grande diversité de résultats, dans ou en dehors de l'organisation.

L'innovation verte ou éco-innovation

Le concept d'éco-innovation a commencé à être utilisé en 1996 dans un ouvrage de Fussler et James (1996). Elle est définie comme « de nouveaux produits et procédés qui créent de la valeur pour les consommateurs et les entreprises tout en diminuant de manière non négligeable leurs répercussions environnementales ». L'éco-innovation ou innovation verte correspond à une innovation visant à protéger l'environnement. On la définira suivant l'OCDE comme « une innovation se traduisant par une diminution — fortuite ou intentionnelle — de l'incidence environnementale » (OCDE, 2010).

C'est la finalité de l'éco-innovation qui la distingue de l'innovation traditionnelle ou générique. Pour Debref (2012), elle ne se distingue que sur ce point, mais pas dans ses modalités d'émergence ni d'évolution. Pour les experts de l'OCDE, l'éco-innovation ne se limite pas à une innovation appliquée à des produits, des procédés, des méthodes de commercialisation ou d'organisation. Elle va plus loin en englobant également l'innovation portant sur les structures sociales et institutionnelles. Ainsi, l'éco-innovation « peut dépasser les frontières organisationnelles classiques de l'entreprise innovante pour englober une sphère sociétale plus large » (OCDE, 2010, p. 43).

On peut distinguer trois dimensions aux activités d'éco-innovation (OCDE, 2010) : 1) Les objectifs correspondant aux domaines cibles de l'éco-innovation : produits, procédés, méthodes de commercialisation, organisations et institutions. 2) Les mécanismes visant les modalités des changements apportés aux objectifs : la modification, la reconception, les solutions de substitution et de création. 3) Les impacts, c'est-à-dire les effets de l'éco-innovation sur l'environnement.

Bien que celle-ci ne soit pas exclusive, on s'intéressera plus spécifiquement aux éco-innovations relevant de l'écoconception c'est-à-dire de « l'intégration systématique des considérations environnementales dans la conception du produit et de son processus de réalisation » en prenant en compte tout le cycle de vie du produit (Knight et Jenkins 2009, traduit par Deniaud et al., 2012). En effet, « l'écoconception fait partie de l'éco-innovation.

Elle est concentrée sur des produits, étant orientée plus vers les innovations technologiques » (Rubik, 2001 cité par Deniaud et al., 2012).

Pour Deniaud et al. (2012), l'écoconception a quatre spécificités, en terme 1) de cycle de vie à prendre en considération, 2) de système ouvert impliquant un plus grand nombre de participants et de parties prenantes, 3) de besoins spécifiques en terme de processus, de retrait de service et de recyclage, 4) de complexité accrue dans la définition du besoin, sa conception du produit, et l'organisation à mettre en place.

Knight et Jenkins (2009) proposent quatre niveaux d'écoconception : 1) l'amélioration incrémentale ; 2) le re-design ; 3) la définition d'un nouveau concept de produit ; 4) une nouvelle organisation du système. Charter et Chick (1997) distinguent quatre modes d'écoconception : 1) le *Re-PAIR* (réparation) qui vise à modifier l'action néfaste de l'innovation pour réduire son impact négatif. 2) le *Re-FINE* (raffinement) qui vise à modifier la conception pour intégrer des améliorations environnementales en modifiant le cahier des charges. 3) Le *Re-DESIGN* (Re-conception) cherche à modifier le design général de l'innovation pour prendre en compte très en amont les contraintes environnementales. 4) Le *Re-THINK* (Repenser) vise à l'élimination des impacts environnementaux négatifs, en comblant le besoin du produit ou service selon une reconceptualisation alternative (voir la Figure 3.7 et le Tableau 3.3).

Pour illustrer ces quatre niveaux, on pourrait donner les exemples suivants dans le secteur aéronautique : le *Re-PAIR* correspondrait à l'achat de crédit carbone par l'utilisateur de l'avion, le *Re-FINE* viserait à adopter des matériaux plus légers pour moins consommer de carburant, le *Re-DESIGN*, consisterait à re-concevoir le design de l'avion afin de le rendre plus aérodynamique, le *Re-THINK* à développer les trains à grande vitesse comme alternative à l'avion sur les courtes et moyennes distances.

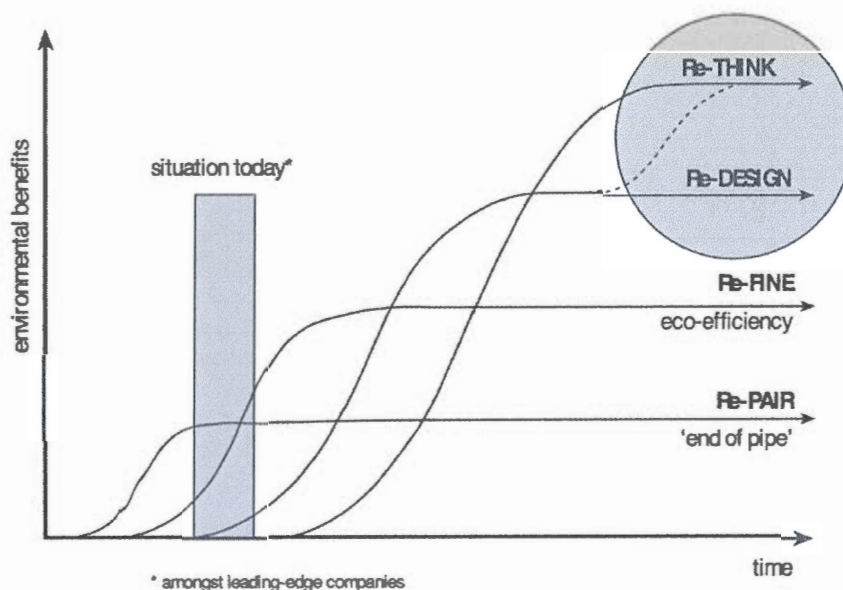


Figure 3.7 - Le modèle à quatre étapes de l'écoconception (Charter et Chick, 1997)

Tableau 3.3 - Typologies et caractéristiques de processus d'écoconception (d'après Deniaud et al., 2012)

	Impact sur le processus de conception initial (magnitude du changement)	Mode de résolution de problème (degré d'intégration amont de la contrainte environnementale)	Principe d'action
Réparation (Re-PAIR)	Pas d'impact sur le processus initial de développement du produit. La conception du produit et son écologisation sont traitées de manière séquentielle.	Résolution indépendante et ex-post de l'aspect écologique du problème.	Transformation d'une externalité négative générée par le processus de production en fonction porteuse de valeur. Exemple : transformer un déchet en produit.
Raffinement (Re-FINE)	Peu d'impact sur le processus initial de développement du produit dans la mesure où la prise en compte des contraintes écologiques ne complexifie pas le problème initial de conception du produit.	Optimisation du produit existant selon une démarche classique de « stage gate process » ne générant pas de conflit entre les acteurs du processus de conception qui reste modulaire.	Intégrations de contraintes écologiques en synergies avec les contraintes préexistantes du cahier des charges. Exemple : utiliser des matériaux qui améliorent à la fois la performance technique et écologique du produit.
Re-conception (Re-DESIGN)	Fort impact sur le processus initial de développement de produit dans la mesure où la prise en compte des contraintes écologiques complexifient le problème de conception.	Processus collectif d'arbitrage entre les performances techniques du produit et ses performances écologiques selon une démarche d'ingénierie concourante.	Intégrations de contraintes écologiques en conflits avec les contraintes préexistantes du cahier des charges. Exemple : améliorer la technologie d'un moteur afin qu'il allie sobriété et puissance.
Repenser (Re-THINK)	Impact maximal. La prise en compte des contraintes écologiques est susceptible d'aboutir à la remise en question de l'existence même du produit initial.	Mise en œuvre de démarches de conception créatives à travers le développement d'un nouveau concept de solution ou d'une innovation technologique majeure.	La prise en compte de contraintes environnementales aboutit à la reformulation totale du problème initial par le dépassement de contradictions et la création de nouveaux espaces de solution. Exemple : le pédibus est un concept de bus sans moteur qui est un système de transport en commun efficace sur les courtes distances tout en étant totalement écologique.

En terme de processus, on peut distinguer huit stratégies d'écoconception (Brezet et al., 1997) : le choix des matériaux, la réduction de la masse des matériaux, les techniques de production propres, l'optimisation de la distribution, l'extension de la durée de vie, la limitation des impacts durant l'utilisation, l'optimisation en fin de vie, nouveaux concepts.

Rennings et Zwick (2003 cité dans OCDE, 2010) recensent cinq facteurs favorisant l'éco-innovation : la réglementation, la demande des utilisateurs, la conquête de nouveaux marchés, la réduction des coûts et l'image. Ashford (1993) décrit les mesures suivantes : 1) des initiatives réglementaires, entre autres à réduire le risque, à orienter l'effort vers des objectifs appropriés, à réduire les sources d'émission, à coordonner les politiques industrielles énergétiques et environnementales, à réguler le design en direction des technologies souhaitées, à établir des standards. 2) À offrir une assistance technique aux entreprises, 3) à établir des instruments économiques (taxes, une responsabilisation financière), 4) à favoriser la participation des parties prenantes, notamment les citoyens et les travailleurs, 5) à définir une politique internationale.

À l'inverse, on retrouve différents obstacles aux éco-innovations. Le plan d'action de la Commission européenne en faveur des écotecnologies (ETAP, 2004) recense cinq facteurs limitatifs : 1) les obstacles économiques, car les prix du marché ne reflètent pas les coûts externes des éco-innovations, et les investissements dans les technologies environnementales peuvent avoir un coût plus élevé parce que perçus comme risqués, nécessitant une mise de fonds initiale importante ou qu'un passage des technologies classiques aux écotecnologies complexe. 2) Les règlements et normes peuvent freiner l'innovation lorsqu'ils sont trop flous ou trop détaillés. À l'inverse la législation bien pensée peut stimuler les éco-innovations. 3) Une insuffisance des efforts de R&D, conjuguée au fonctionnement inadapté des systèmes de R&D et aux carences de l'information et de la formation. 4) Un manque de capital-risque pour concrétiser un projet d'éco-innovation au niveau de la chaîne de production. 5) Une insuffisance de la demande sur le marché, tant de la part du secteur public que des consommateurs.

Ashford (1993) dresse sept types d'obstacles : les obstacles technologiques, financiers, relatifs à la force de travail, législatifs, relatifs aux consommateurs, relatifs aux fournisseurs, et les obstacles managériaux. Dans cette dernière catégorie, il note un manque d'appui de la haute-direction, un manque de coopération de l'ingénierie pour casser les barrières hiérarchiques, de la réticence à changer les principes sur laquelle s'est construite

l'organisation, un manque d'éducation, d'exercice et de motivation des employés, un manque d'expertise des superviseurs.

Quatre types d'enquêtes sur les éco-innovations (OCDE, 2010) : la mesure des intrants, la mesure des extrants intermédiaires, la mesure des extrants directs, la mesure des incidences indirectes, les enquêtes de grandes envergures, les enquêtes par panel et les enquêtes à petite échelle. Cette recherche rentre dans cette dernière catégorie (cf. la partie II). Selon le rapport, ces dernières ont comme avantage de permettre de traiter de façon beaucoup plus approfondie l'éco-innovation, et de poser des questions sur de nombreux aspects de l'éco-innovation.

3.4.3. Recherche et développement dans un contexte ouvert : la R&D inter-organisationnelle

L'externalisation de la R&D est un processus relativement nouveau, et constitue une modification majeure de l'organisation industrielle.

On peut réaliser un petit historique de l'évolution de la fonction R&D. Depuis les années 80, et face à l'évolution du concept de stratégie se concentrant sur la notion de cœur de métier et sur la compétitivité, il y a un double mouvement à la fois de spécialisation des entreprises autour dudit cœur de métier, laissant une large place à l'externalisation, aidée par les nouveaux systèmes d'information se développant à la même époque liés à la naissance de la micro-informatique. Cela a contribué à donner un rôle de plus en plus important aux départements d'achat et de logistique, et a poussé les firmes à se focaliser sur leur cœur de métier, qui correspond souvent dans le secteur de l'aéronautique à la phase amont (la conception) et à la phase aval (la commercialisation) (Alcouffe, 2001).

On peut distinguer à travers le temps cinq générations de conception de la R&D (Bédard et al., 2011). La première génération est souvent isolée du reste de l'entreprise, elle développe des technologies qu'elle délivre à l'organisation une fois celles-ci développées. La deuxième génération tente de raccrocher la fonction de R&D au reste de l'entreprise, en réalisant des recherches en fonction des attentes du marché. L'unité de R&D est considérée comme une unité d'affaires, au même titre que d'autres départements. La troisième génération vise à

améliorer l'efficacité du système de R&D jugé souvent trop coûteux. Des techniques de gestion de la R&D sont développées, comme les projets de R&D visant à pouvoir réaliser un suivi général et orienter l'effort de R&D. La quatrième génération vise à accélérer les développements, en adoptant des équipes multidisciplinaires, de l'ingénierie concourante. La cinquième génération de R&D recherche l'intégration des systèmes et augmente ses alliances en vue de collaboration avec d'autres entreprises ou entités de R&D. Ces différentes conceptions de la fonction de R&D et du processus de gestion de celles-ci à travers le temps sont synthétisées dans le Tableau 3.4.

Qui sont les acteurs de ces alliances de R&D ? On trouve — parmi les acteurs participant à la conception, et sans être exhaustif, des laboratoires de tests et d'essais, des chercheurs, mais aussi des membres des équipes d'achat, des représentants de la production et des méthodes, des acheteurs ou encore des acheteurs potentiels (d'après Alcouffe, 2001).

On peut voir plusieurs explications à la montée croissante des réseaux de R&D à travers le temps. 1) On peut noter qu'elle permet de gérer des ensembles complexes, sans la complexité de gestion associée à ceux-ci. 2) Par ailleurs, il s'agit également de partage des risques et des coûts entre plusieurs organisations (Garrette et al., 2009). 3) Elles permettent également d'imposer des « conceptions technologiques dominantes » ou de nouveaux standards (Tarondeau, 1994).

Garrette et al. (2009) y voit dans le secteur aéronautique la possibilité de compenser l'absence de ressources suffisantes et le risque associé. Cela est d'autant plus vrai que l'augmentation des coûts associés à la R&D dans le secteur aéronautique est particulièrement élevée et n'a cessé d'augmenter au cours du XXe siècle comme l'illustre le Tableau 3.5 (Terral, 2003, p. 20).

Tableau 3.4 - Évolution du management de la R&D. (D'après Bédard, Ébrahimi et Saives, 2011, p. 415).

Génération de R&D	Période	Contexte	Analogie : la R&D vue comme ...	Caractéristique	Réponses de l'entreprise	Approche de gestion
Première génération	Début 50 / mi-60	-	Tour d'ivoire	<i>technology-push</i>	Laboratoires de recherche corporatifs	- Stimulation des avancées scientifiques - Choix d'implantation géographique en fonction de la localisation des compétences
Deuxième génération	Mi-60 / début 70	Recherche de part de marché	Entreprise	<i>market-pull</i>	Unité d'affaire	- Satisfaction des clients internes - Idées glanées dans le marché
Troisième génération	Mi-70 / mi-80	Efforts de rationalisation	Portfeuille	- S'écartant de l'approche des projets individuels - Lien avec la stratégie corporative - Méthodes bénéfiques / risques	Projets de R&D	- Structuration des processus de R&D - Évaluation de stratégies technologiques à long terme - Intégration de la R&D et du marketing
Quatrième génération	Début 80 / mi-90	Course à la vitesse	Activité intégrative	- Apprentissage auprès des utilisateurs - Vision du produit comme total	Projets inter-fonctionnels	- Mise en parallèle des activités - Engagement des fournisseurs et des clients innovateurs (<i>lead user</i>) Intégration de la R&D et de la fabrication
Cinquième génération	90 / ...	Intégration de systèmes	Réseau	- Accent mis sur la collaboration - Importance de la vitesse de développement	Alliances croisées	- Participation du réseau de l'entreprise - Accent mis sur l'intégration de systèmes - Séparation et arrimage de la recherche et du développement.

Tableau 3.5 - Évolution des coûts de développement (Erikson 1995, cité par Terral, 2003, p. 20).

Appareil	Année	Coût de développement (millions de dollars constants de, 1991)
Douglas DC-3	1936	3 M\$
Douglas DC-6	1947	90 M\$
Douglas DC-8	1959	600 M\$
Boeing 747	1970	3 300 M\$
Boeing 777	1995	4 300 M\$

Niosi (1995) avance dix raisons potentielles à la montée des alliances de R&D : 1) la réalisation d'économie d'échelle, 2) l'accélération de l'innovation, 3) le fait de l'appropriation des savoirs des utilisateurs, 4) la réduction des risques et de l'incertitude, 5) le raccourcissement du cycle de vie des produits, 6) l'appropriation d'autres actifs complémentaires, 7) la volonté de s'appuyer sur un standard, 8) la volonté d'adopter de nouvelles méthodes de gestion, 9) une stratégie dans le but de répondre à des incitations gouvernementales, 10) enfin dans le but de s'approprier les « externalités régionales ».

La conséquence illustrée sur la Figure 3.7 est la montée importante du nombre de partenariats de R&D à travers le temps (Hagedoorn, 2002). Dans le cadre de cette thèse, c'est la phase amont de conception, de recherche et de développement qui sera plus spécifiquement étudiée. Celle-ci regroupe dans le domaine aéronautique de multiples technologies, nécessitant une grande expertise et de multiples spécialités. Ainsi, on assiste à un double mouvement : d'une part les entreprises se spécialisent de plus en plus afin de rester à la pointe des progrès du savoir de plus en plus pointus ; d'autre part le savoir est de plus en plus éclaté et fragmenté suivant le mouvement de segmentation des disciplines scientifiques ainsi que l'augmentation du nombre de chercheurs et du rythme des découvertes. Il est dès lors de moins en moins envisageable, même avec d'énormes moyens, de mener seul le développement d'un projet de haute technologie comme l'est la conception d'un avion. Aussi, la phase de conception a été amenée à passer d'un mode de développement au sein d'une seule organisation à une phase de coopération entre de multiples entreprises. Cela n'est pas sans créer de nouveaux défis managériaux.

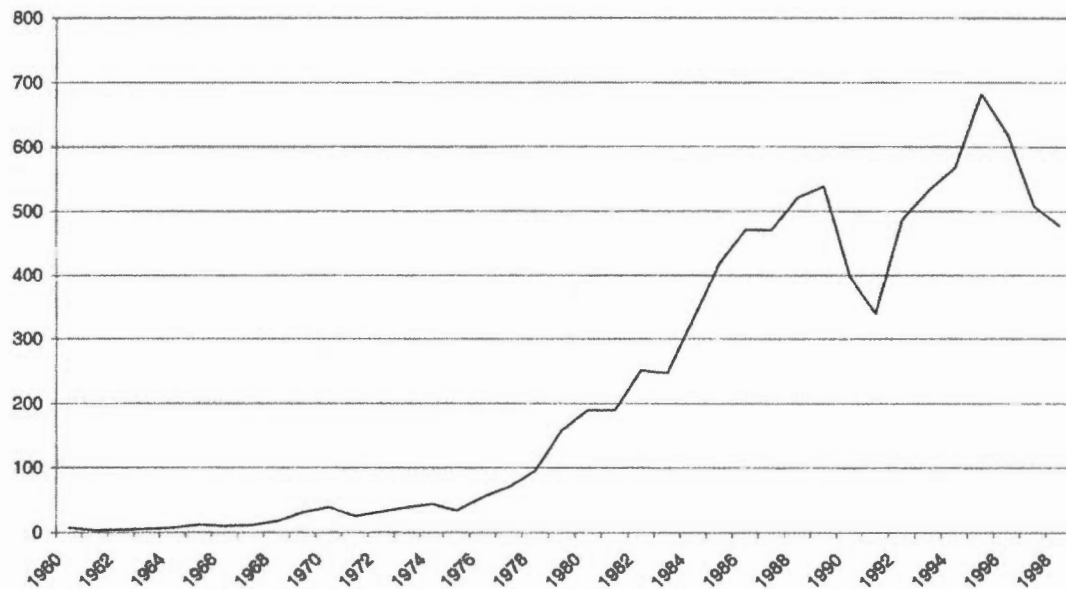


Figure 3.8 - Partenariats de R&D nouvellement établis (1960—1998) (Hagedoorn, 2002)

Comment s'effectuent ces collaborations dans la R&D ? Pour Tarondeau (1994, 92), le choix de la forme de la coopération doit se faire selon les positions technologiques et concurrentielles des acteurs, tel qu'illustré dans le Tableau 3.6.

Tableau 3.6 - Choix de formes de coopération en R&D (d'après Tarondeau, 1994)

Position technologique	<i>For</i> For	Coopération horizontale et verticale Technologies complémentaires Degré d'engagement comparable pour les partenaires Partage équilibré des résultats	Coopération horizontale Coopération verticale avec fournisseurs
	<i>Faible</i> Faible	Coopération verticale avec clients	Pas de coopération
		<i>For</i> For	<i>Faible</i> Faible
		Position concurrentielle	

Comme l'illustre le Tableau 3.7, la connaissance au sein des réseaux de R&D est plus facile à transférer lorsqu'il s'agit de connaissances explicites, plus difficiles et sources de plus grands risques lorsqu'il s'agit de connaissances tacites (Beeby et Booth, 2000). Mais, c'est souvent ces dernières connaissances qui sont source du plus grand apprentissage.

Tableau 3.7 - Transfert de connaissances tacites et connaissances explicites au sein de réseaux de R&D (d'après Beeby et Booth, 2000).

Connaissances tacites	Connaissances explicites
Plus difficiles à transférer Plus difficiles à intégrer Peut être transféré sans le savoir Si capturé, peut représenter une diffusion d'actifs stratégiques L'intégration et le transfert conscient demandent une réflexion en amont et un ajustement culturel	Facile à transférer et intégrer Les enjeux d'ajustement culturel sont moins un problème même si la connaissance reste dépendante du contexte

Mothe (1997) démontre l'importance de cinq facteurs permettant d'améliorer l'appropriation des connaissances dans le cadre d'alliances de R&D : la confiance, l'expérience en R&D, la motivation & l'implication de la firme, l'intégration de la R&D aux autres fonctions et les actifs complémentaires. Elle montre aussi l'importance de prendre en compte le degré de spécialisation des tâches, le caractère codifié des connaissances, l'expérience des projets de collaboration, la définition par les acteurs des modalités de partage.

La confiance en R&D est primordiale dans la relation. À l'instar de Bidault (1998), on définira la confiance comme étant la « présomption que, en situation d'incertitude, l'autre partie va, y compris face à des circonstances imprévues, agir en fonction de règles de comportement que nous trouvons acceptables ».

La naissance des réseaux inter-organisationnels de R&D a donné une importance grandissante à la confiance entre les acteurs desdits réseaux. Les coopérations ont entraîné une reconceptualisation du concept classique de sous-traitance et de travail en commun, car la conception verticale classique — de par la nature du savoir — ne s'applique que mal. Cela a poussé les entreprises à établir des liens de confiance, et donc des relations long terme, la confiance se construisant à travers le temps (Ingham et Mothe, 2003). Cross et al. ont montré

qu'un système de connaissances efficace doit reposer sur des relations d'accès, d'engagement et de sûreté/confiance au sein du réseau de connaissances (Cross et al., 2001).

Ainsi, Mowery et al. (1996) ont montré que le statut juridique du contrat entre deux entreprises est susceptible d'influencer le transfert de connaissances dans le cadre de relations inter-organisationnelles. Cela a notamment un impact sur les connaissances tacites. Alors que le transfert est difficile dans une relation verticale donneur d'ordre / sous-traitant, le transfert est facilité dans le cadre de relations plus symétriques, jusqu'à une forme plus élevée lors de relations entre filiales.

La confiance, forme informelle d'alliance, est basée dans la littérature sur deux sources qui lui donnent naissance. Elle peut émerger de l'histoire passée entre les partenaires (par exemple Gulati, 1995), ou de leur futur en construction, en considérant les attentes à venir (par exemple Axelrod, 1984). Pour Poppo et al. (2008), la confiance émerge de l'interdépendance de ces deux explications. Par ailleurs, les alliances passées augmentent la similitude des stocks de connaissances communs entre les entreprises, engendrant une tension entre le désir d'un partenaire familier, et le désir d'un partenaire avec des connaissances supplémentaires (Cowan, Jonard, et Zimmermann, 2007). À noter aussi que les firmes réalisant des opérations contraires à l'éthique voient leurs alliances diminuer (Sullivan, Haunschild, et Page, 2007), cela étant probablement causé par une perte de confiance.

Conclusion du chapitre

Au-delà des trois premiers niveaux du modèle conceptuel multiniveau d'apprentissage traité au chapitre 2 (voir la Figure 2.1, section 2.2.2), ce troisième chapitre a traité de la dimension inter-organisationnelle, notamment des réseaux, alliances et grappes. L'emphase a été mise sur la nécessité de prendre en considération tant le contenant (structure, réseaux, etc.) que le contenu (connaissances). Après avoir défini le système de R&D et décrit son objectif d'innovation, et ses deux modes plus spécifiquement étudiés — l'innovation ouverte et l'éco-innovation —, on a présenté les enjeux inter-organisationnels observés à travers les réseaux de recherche et développement.

Pour profiter le plus efficacement des réseaux de connaissances, les entreprises visant l'innovation doivent accepter d'entrer dans un mode de fonctionnement d'innovation ouverte, où l'innovation se fait en réseau, où les frontières de l'entreprise ne sont pas des murs empêchant le travail collaboratif externe. D'où l'importance d'étudier les pratiques sur le terrain (portant sur l'individu et la communauté, donc des groupes généralement de taille modeste), car ce sont sur elles que reposent les capacités effectives des firmes à innover. Ces « micropratiques » sont à relier à l'écosystème dans lequel évoluent les entreprises du secteur aéronautique, comprenant les autres entreprises et organisations, susceptibles de jouer sur la gestion des connaissances et la capacité d'éco-innovation.

CHAPITRE 4

LE SECTEUR AÉRONAUTIQUE : HISTORIQUE ET DESCRIPTION

« *L'aéronautique n'a été ni une industrie ni une science.
Ce fut un miracle* », Igor Sikorsky

Ce chapitre vise à décrire le secteur aéronautique à travers une brève histoire de l'innovation de celui-ci et une description du secteur aéronautique québécois contemporain.

Activité relativement récente puisqu'elle commence au début du siècle dernier en ce qui a trait au plus lourd que l'air, même si ses racines remontent au XIX^e siècle, voire au XVIII^e siècle si on considère le plus léger que l'air, ou aux mythes fondateurs de l'occident en considérant par exemple le fameux mythe d'Icarre. On peut voir des prémisses aux appareils volant dès 400 ans avant Jésus-Christ avec le *Bamboo-Copter* chinois, jeu pour enfants utilisant le principe de l'hélice.

Cette histoire de l'aéronautique a pour objectif de montrer que l'innovation dans le secteur a suivi un certain sentier technologique, chemin qui aujourd'hui est à une bifurcation avec la volonté affichée d'aller vers un *avion vert*. La deuxième partie décrit la grappe aéronautique québécoise, et notamment l'innovation et la R&D au sein de celle-ci.

Quand on parle d'aéronautique, d'aviation, il y a plusieurs catégories d'appareils auxquelles l'on peut faire référence, au premier rang desquels il faut faire la distinction entre le plus lourd que l'air (avion, hélicoptères, etc.) et le plus léger que l'air (ballon, montgolfière, zeppelin, etc.). La Figure 4.1 présente les différentes catégories d'aéronefs existants (Aerocyclopedia, 2010). Ce chapitre traite du plus lourd que l'air avec moteur, plus précisément les avions.

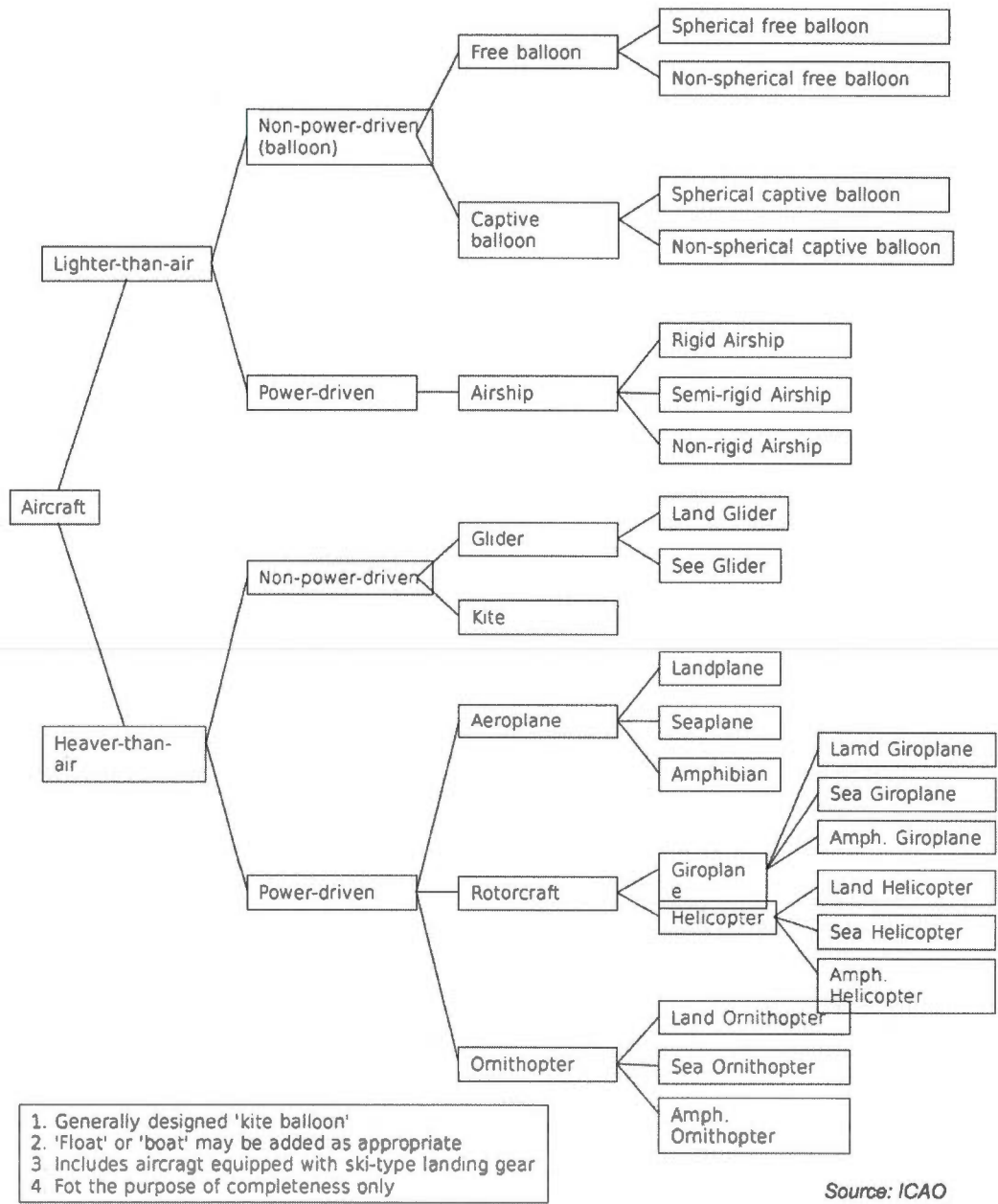


Figure 4.1 : Classification d'aéronefs

4.1. Une brève histoire de l'aéronautique à travers le prisme de l'innovation

À considérer la robustesse et la fiabilité des avions et autres aéronefs d'aujourd'hui, et alors qu'il s'agit du moyen de transport le plus fiable au monde, loin devant la voiture, il est surprenant de se rappeler qu'il s'agit pourtant d'un domaine né il y a à peine plus d'un siècle, au tout début du XXe siècle — au moins pour les engins plus lourds que l'air. Comment une telle évolution aussi rapide a-t-elle pu se produire ? Quelles sont les pistes, les voies sur lesquelles le secteur aéronautique travaille actuellement ? L'objet de ce chapitre est de faire un retour sur les développements de l'aéronautique ceux-ci éclairant — en partie — les travaux actuels qui préparent les avions de demain.

C'est en 1905 que vole le premier véritable avion²⁸, le *flyer*, œuvre des frères Wright. S'il faut bien reconnaître le mérite des deux inventeurs, il est aussi nécessaire de replacer l'invention de l'avion dans son époque. En effet, les frères Wright s'insèrent dans ce que l'on peut qualifier de véritable réseau d'innovation, à savoir à la fois une volonté contemporaine de construire un appareil plus lourd que l'air, mais aussi un ensemble de personnes travaillant sur la construction d'appareils, ces différentes personnes trouvant chacune différentes solutions aux problématiques engendrées par la construction d'un tel appareil. Or ces personnes étaient connectées et échangeaient selon des modalités proches de l'innovation ouverte actuelle (Meyer, 2013). Ainsi, l'aviation est née, et s'est développée les premières années selon des modalités où la propriété intellectuelle n'avait que peu d'importance et à travers la collaboration de centaines de passionnés à travers le monde. Les frères Wright ont eu une correspondance soutenue avec d'autres entrepreneurs, chercheurs, auteurs comme Chanute qui en 1894 publia *Progress in Flying Machines*, une telle œuvre de synthèse diffusant les problèmes et avancées technologiques réalisées et nécessaires à la conception d'un avion, et sans lequel les frères Wright n'auraient pas pu faire voler leur *flyer*.

Si le premier avion a bien volé dans l'état de Caroline du Nord, il est la résultante de nombreux inventeurs ayant directement ou — le plus souvent — indirectement contribué à la construction d'une telle machine.

²⁸ En fait de véritable avion, le *flyer* a volé pour une durée de 12 secondes!

La suite de l'histoire de l'aviation ne contredit pas ce système sociotechnique, et même si la première période de l'aviation est celle des entrepreneurs, ceux-ci n'auraient pas pu avancer s'ils avaient été totalement isolés les uns des autres, et sans l'appui de différentes institutions, ayant contribué à l'avancée aéronautique (concours, États, bailleurs de fonds, commanditaires ou mécènes, etc.).

Zhegu (2007) présente le cycle de l'industrie aéronautique, notamment américaine comme étant regroupé en trois phases reprises ici : 1) de 1900 à 1945, la période d'émergence, 2) de 1945 à 1975 la phase de croissance et 3) de 1976 à aujourd'hui la maturité.

4.1.1. La première phase d'émergence (1900-1945) - L'avion fiable

Celle-ci est caractérisée par la source de motivation des entrepreneurs, qui n'est pas le profit, mais la passion de l'aéronautique elle-même. Cette phase est caractérisée par de faibles capacités à attirer les ressources financières, des investissements par fonds propres ou par parrainage d'industriels. Il n'y a pas à proprement parler de marché. Ainsi, en 1913, l'armée américaine possédait 21 avions (Zhegu, 2010). L'un des grands catalyseurs de l'innovation dans le secteur est à cette période la part belle faite aux différentes courses et concours organisés permettant la mise en concurrence, la recherche de renom, de performances avec à la clé, différentes bourses ainsi qu'une visibilité médiatique permettant pour certains de s'assurer des revenus en continuant à œuvrer dans le secteur aéronautique qui n'a pas encore de véritables débouchés économiques.

Cette période est marquée par de fortes tensions entre gestionnaires et inventeurs du fait que les banques imposent très souvent des gestionnaires peu intéressés par le défi technologique et l'innovation aéronautique.

Cette période est aussi marquée par la dissémination très rapide des connaissances techniques et la durée de vie souvent brève des entreprises. Mais il y a un intérêt grandissant de la part des gouvernements, notamment quand ceux-ci finissent — non sans difficulté — par réaliser

que l'aviation a un rôle militaire important à jouer²⁹. Toutefois, à la fin de la Première Guerre mondiale, il y a une importante chute de l'intérêt de ceux-ci et une importante baisse des commandes entraînant une crise dans le secteur. L'aéronautique cherche donc à exister à travers le grand public, et les médias sont très intéressés, comme en témoigne par exemple la très grande place faite à Charles Lindbergh en 1927 lors de la première traversée de l'Atlantique. C'est aussi à cette période que débutent les premières entreprises de transport aérien.

Tout cela entraîne d'importantes variations dans le secteur aéronautique, comme l'illustre l'évolution du nombre d'employés dans l'industrie aéronautique aux États-Unis (hors personnels administratifs) sur la Figure 4.2 (d'après Zhegu 2007, citant Stekler, 1965). Mais le secteur profite des efforts liés au *New Deal*, ce qui commencera à donner « ses premières ailes fiables » au secteur, avec notamment la création en 1935 du Douglas DC-3, qui par les nombreuses innovations qu'il apporte en fait un avion qui marquera l'histoire de l'aéronautique.

La Seconde Guerre mondiale va profondément changer la donne. Alors qu'en 1938, l'industrie aéronautique se place en 41^e position aux États-Unis, à peine cinq années plus tard, elle est en première position, appuyée par l'effort de guerre, passant de 300 millions à 16 milliards de dollars, soit en moyenne une croissance de +122 % par an pendant cette période, avec un total de plus de 300 000 avions construits par les seuls États-Unis.

²⁹ Ainsi, on attribue au général Foch d'avoir déclaré que « l'aviation c'est très bien comme le sport [...] Mais pour la guerre, c'est zéro ».

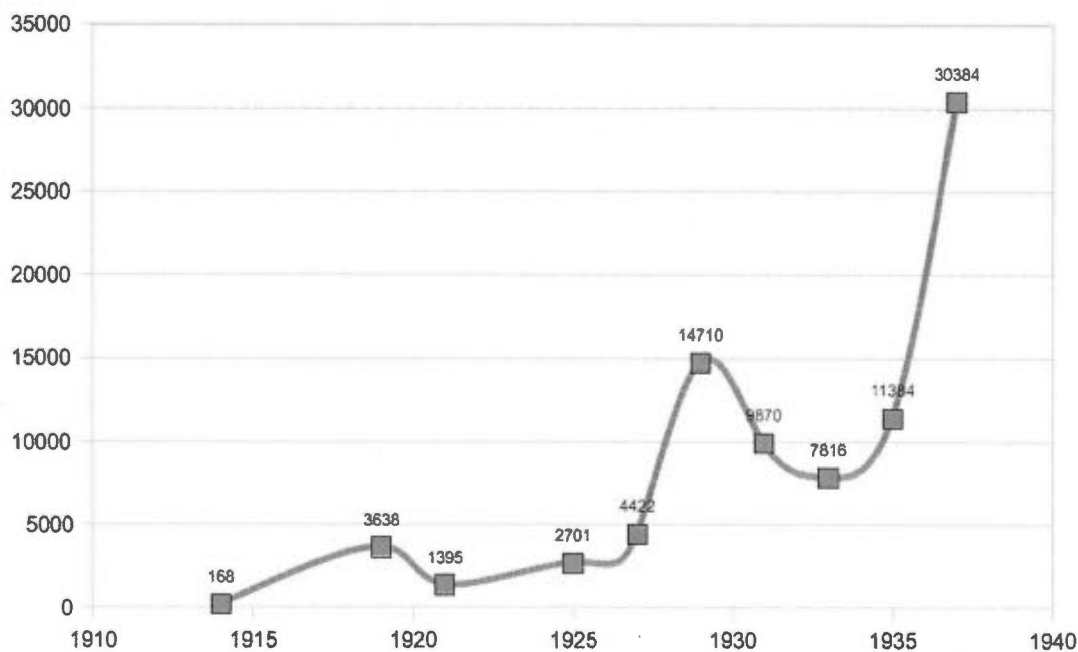


Figure 4.2 - Évolution du nombre de salariés, hors personnels administratifs, de 1914 à 1937 aux États-Unis (d'après Zhegu (2007) citant Stekler, 1965).

4.1.2. La deuxième phase de croissance (1945-1975) - L'avion puissant

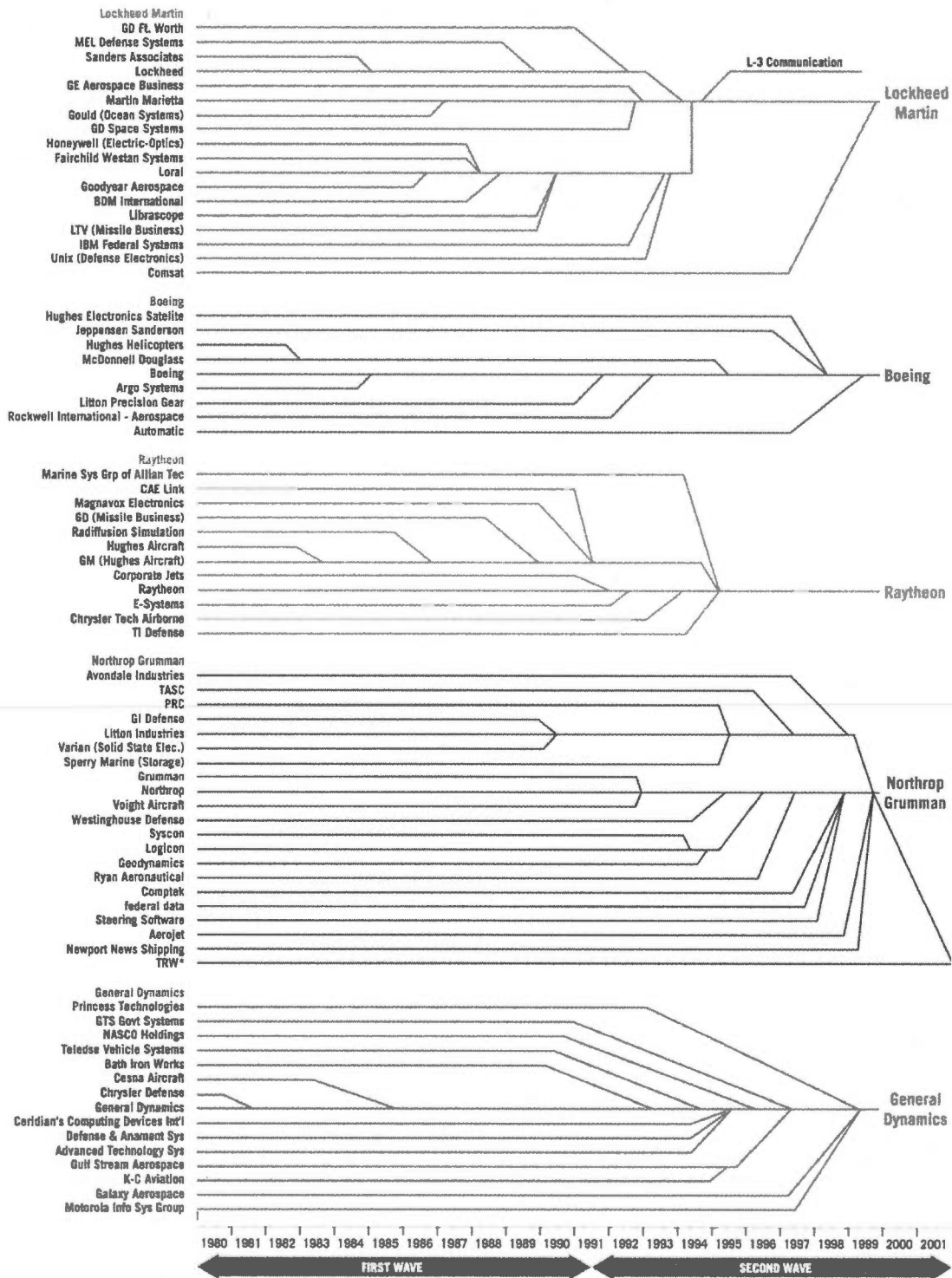
Après la fin de la Seconde Guerre mondiale, il y a à nouveau une très importante chute : alors qu'en 1945, 1,6 million d'employés travaillaient dans l'aéronautique aux États-Unis, il n'y a plus que 138 700 personnes dans ce secteur en 1946. Cette très forte chute est en fait reliée à l'effort massif de guerre, qui cette fois avait été planifié. Ainsi, même si la chute paraît énorme, ses conséquences ont été moindres qu'à la fin de la Première Guerre mondiale, ne remettant pas en cause l'avenir de l'industrie. Et surtout, de très grands progrès technologiques ont été réalisés. L'importance de l'avion comme arme stratégique et tactique a été clairement démontrée pendant la Seconde Guerre mondiale, et se verra donc largement subventionnée par l'armée.

S'ouvre ainsi une importante période d'innovation, travaillant sur la puissance des moteurs, le développement de nouvelles technologies (comme les turboréacteurs). Aux États-Unis, la concurrence est maintenue par l'État, finançant le développement au sein de plusieurs entreprises, avec comme objectif de stimuler l'innovation. Il y a aussi une forte croissance du

secteur civil, celle-ci n'étant pas décorrélée du très important stock d'avions militaires reconvertis vers le civil.

Au Canada, le gouvernement canadien finance à 75 % le développement du *jet liner*, notamment à travers le programme de l'avion Avro, débouchant sur un grand nombre d'innovations (Faucher et al., 1999). Toutefois, l'avion ne verra jamais le jour pour des raisons politiques, et demeure l'un des plus grands échecs de l'aéronautique au Canada. Les innovations liées à ce programme seront néanmoins utilisées dans d'autres appareils, canadiens ou non, mais le Canada perdra une part de son avance technologique à cette époque.

À partir des années 60, avec la course à l'espace entre les deux blocs Est et Ouest, il y a un important drainage de l'argent aux États-Unis vers le programme spatial ainsi que par les autres industries s'y rattachant, au détriment du secteur aéronautique. Celui-ci se voit alors contraint à une transition vers l'aérospatial. Cela a plusieurs effets sur les stratégies des entreprises entraînant de nombreux changements, et ouvrant une nouvelle période de fusion-acquisition dans une troisième période comme l'illustre la Figure 4.3 (Walker et al., 2002, p. 134).



* Merger Pending Approval

Figure 4.3 - Fusion - acquisition des sociétés aéronautiques américaines de 1980 à 2000 (Walker et al., 2002, p.

4.1.3. La troisième phase : maturité, restructuration et globalisation de l'industrie (1975 à aujourd'hui) - L'avion moins cher

Alors que le Boieng 747 (Jet à fuselage large) naît en 1969, l'industrie aéronautique va vivre une nouvelle révolution. Cette période est marquée par une importante restructuration et déréglementation du secteur en 1978. Celle-ci a une triple origine : 1) une part grandissante de corruption aux États-Unis dans le secteur afin d'obtenir des fonds de subvention ou des contrats avec le gouvernement ; 2) la crise économique à partir des années 70, renforcée par la hausse brutale du prix du pétrole ; 3) une montée de la logique financière (voir le Chapitre 1) avec l'idéologie du libre marché et une vision tendant à réduire l'État à sa plus simple expression, notamment dans les secteurs économiques. Tout ceci entraîna un changement important de l'écosystème économique, et la création d'un grand nombre de compagnies aériennes aux États-Unis, provoquant de lourdes pertes financières et engendrant une baisse dans les commandes de nouveaux avions. En effet, à partir de cette époque, la concurrence devient importante, et il est donc important d'avoir les tarifs les plus bas, d'où une préférence à utiliser le plus longtemps possible d'anciens modèles d'avions afin de les rentabiliser au maximum. Par ailleurs, l'innovation est alors orientée vers la diminution des tarifs, notamment des coûts d'entretien plutôt que vers de nouvelles performances technologiques. Ainsi, un avion comme le Concorde, atteint un haut niveau de sophistication technologique, mais a un coût démesuré, qui arrive au pire moment possible, ce qui ajouté aux enjeux politiques, contribuera à l'échec commercial de ce programme, contrairement au 747 qui permet de transporter un grand nombre de passagers pour un coût moins élevé.

Toutefois, si cet échec européen est indéniable, c'est à la même époque que naît le consortium européen Airbus, qui à travers le soutien politique européen et l'écosystème économique différent en Europe verra ce programme prendre une importance accrue dans l'innovation aéronautique, avec notamment l'A320. Cet avion marque le succès d'Airbus, avec un avion plus léger grâce à de nouveaux matériaux — donc également plus économique et moins polluant —, utilisant de nouveaux moteurs plus efficaces, permettant grâce à une nouvelle génération de matériel avionique de recourir à seulement deux membres dans la

cabine de pilotage (pilote et copilote), sans avoir besoin du troisième membre que constituait jusqu'alors le navigateur. Par ailleurs, l'A320 a été décliné en plusieurs modèles selon les attentes et besoins des clients : A318 et A319 plus courts, A321 plus long avec des commandes électroniques permettant entre autres un tableau de bord unique (tous les modèles ont le même tableau de bord, ce qui permet pour une compagnie aérienne de former beaucoup plus rapidement ses pilotes pour passer d'un modèle à un autre).

C'est donc une véritable guerre commerciale entre Boeing et Airbus qui s'amorce à partir de cette période, cette dernière gagnant peu à peu du terrain sur son concurrent américain, comme on peut l'observer sur la Figure 4.4 (Boeing, 2010; Airbus, 2010).

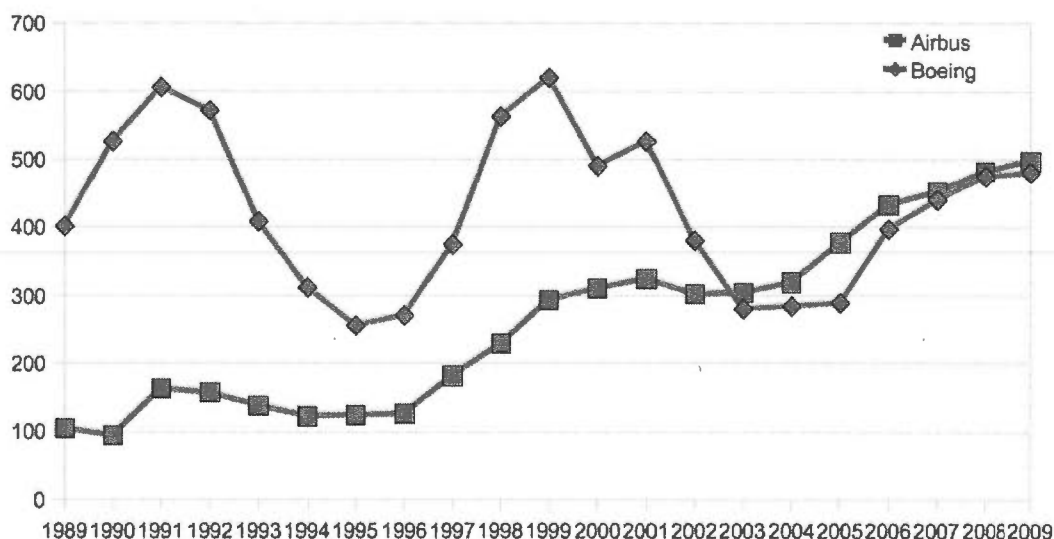


Figure 4.4 - Livraison Airbus vs Boeing — 1989 / 2009 (d'après les données de Boeing, 2010 ; Airbus, 2010)

Il s'agit aussi d'une phase de restructuration majeure, avec à nouveau un grand nombre de suppressions d'emplois après la phase de diversification qui précédait et un recentrage autour de l'assemblage d'avion où les fabricants d'avions sous-traitent de plus en plus d'activités, le long d'une chaîne de production fortement structurée. Par ailleurs, il y a une internationalisation, entraînant des modifications dans les chaînes de fabrication, notamment parce que pour obtenir un contrat de vente dans un pays donné, celui-ci impose généralement des retombées économiques internes à travers une conception reposant au moins en partie sur l'industrie locale.

Si l'on récapitule ces trois époques, elles sont caractérisées par trois types d'acteurs prédominants : tout d'abord les entrepreneurs pendant la première période, puis l'État pendant la seconde et enfin les transporteurs aériens durant la troisième.

L'une des spécificités du secteur aéronautique est d'être fortement corrélée avec le secteur spatial. Par ailleurs, la distinction n'est pas toujours nette en terme d'aéronautique à finalité militaire ou civile. Les objectifs ne sont pas les mêmes dans ces deux secteurs, et il est fréquent que les innovations appliquées au secteur civil aient auparavant été effectuées dans le domaine militaire (Lawrence et Braddon, 2001). C'est d'ailleurs sur cette relation, ce réseau de relations que se fonde le modèle économique de cette industrie aux États-Unis, puisque les recherches militaires et spatiales sont financées par l'État, mais leurs retombées se font aussi dans les secteurs civils, ce que les Européens considèrent — et non sans raison — comme une forme de subvention indirecte. On peut d'ailleurs voir sur le Tableau 4.1 (Zhegu, 2007, p. 127) que les États-Unis dépassent largement les autres pays en termes de contribution sur ces deux sous-secteurs.

Tableau 4.1 - Représentation entre sous-secteur et destination dans plusieurs pays (Zhegu, 2007, p. 127)

	Canada	États-Unis	Europe	France	Monde
Sous-secteur ..	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
.. aéronautique	92 %	76 %	93 %	89 %	82 %
.. espace	8 %	24 %	7 %	11 %	18 %
Destination ..	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
.. civile	84 %	61 %	77 %	72 %	67 %
.. militaire	16 %	39 %	23 %	28 %	33 %

Les conséquences sur l'innovation ont été importantes, car celle-ci a été orientée par les attentes de ces acteurs majeurs. Les bases de l'aéronautique ont été posées durant la première période, avec cette capacité — improbable à l'origine — à faire voler du plus lourd que l'air, et à le rendre fiable. La seconde période a industrialisé la production d'avion, et l'a rendue dépendante des avancées et attentes militaires, ce qui a eu des impacts notamment sur les moteurs et la vitesse des avions. Enfin, la troisième période basée sur les compagnies

aériennes visait à prolonger la durée de vie utilisable de l'avion, à diminuer les coûts d'entretiens et de formation du personnel. C'est l'ère du *Faster — Better — Cheaper*³⁰.

Nouvelle organisation industrielle du secteur aéronautique

Jusque dans les années 2000, on pouvait distinguer trois modèles de sous-traitance dans le secteur aéronautique correspondant aux trois principales entreprises du secteur, à savoir 1) le modèle classique de donneur d'ordre pour Boeing, 2) un modèle avec une relation plus coopérative chez Airbus, et 3) un modèle reposant sur des intégrateurs au niveau des entreprises intermédiaires, celles-ci assurant le rôle de sous-traitants d'ensemble faisant de Bombardier un architecte, ou intégrateur système (Mazaud et Lagasse, 2009, p. 157). Découlant des enjeux et problématiques de prix et d'efficacité de cette troisième période centrée finalement plus sur l'innovation organisationnelle que technologique avec comme objectif de diminuer les coûts, cette architecture prend de l'ampleur. Ce modèle semble donner raison à Bombardier puisque Airbus semble maintenant adopter ce système :

« Afin de faire face au manque de cohérence et d'efficacité de sa politique de sous-traitance, Airbus choisit de rationaliser ses achats, l'objectif étant une forte diminution de ses sous-traitants directs. Ce mouvement concourut à la mise en place d'une architecture industrielle pyramidale, avec le développement d'une sous-traitance globale consistant à confier aux fournisseurs de premier rang le financement, le développement, la réalisation et la responsabilité de sous-ensembles complets, à charge pour eux d'organiser leur propre sous-traitance » (Prencipe, 2005 tiré de Mazaud, 2006).

Cet intégrateur système joue le rôle d'une « organisation qui établit le réseau et le dirige d'un point de vue organisationnel et technologique » (Mazaud, 2006). L'intégrateur doit avoir des relations particulières avec ses sous-traitants, tissant des liens de confiances.

L'apparition de ce nouveau type de configuration industrielle entraîne l'apparition de firmes que l'on qualifie dans la littérature de firmes-pivots, qui correspondent aux entreprises ayant des relations avec les intégrateurs systèmes, et étant en charge de sous-ensembles modulaires. Ces équipementiers assurent la coordination du réseau, car l'architecte s'est dessaisi de connaissances clés à travers un ensemble de partenariats stratégiques avec ces firmes-pivots.

³⁰ Plus rapide, meilleur, moins cher.

« Au détriment de l'architecte, la firme-pivot, devient l'acteur coordinateur central, et ne peut donc plus lui être assimilée. [...] Elle est l'acteur central d'un réseau relationnel » (Mazaud, 2006, p. 6).

Ces firmes-pivots ont trois rôles qui leur sont dévolus dans le réseau : l'*architect* constituant le réseau, le *lead operator*, qui coordonne les entreprises du réseau et le *caretaker* dont le rôle est d'entretenir et de pérenniser le réseau (Miles et al., 1992).

Cette dynamique de transformation accompagne ainsi les transformations plus larges du capitalisme (cf. le chapitre I). Comme l'énonce Mazaud :

Une proximité entre l'architecte et les firmes pivots est désormais indispensable à la spécification conjointe des interfaces. A contrario, la logique marchande s'intensifie pour les autres acteurs du réseau, qui se localisent de plus en plus dans des pays disposant d'un niveau de qualification élevé et de faibles coûts de main d'œuvre. Ces bouleversements, à la fois cognitifs et organisationnels, accompagnent les transformations actuelles du capitalisme (Mazaud, 2006, p. 8).

4.1.4. Vers une quatrième phase centrée sur avion vert ?

Aujourd'hui, de nouveaux enjeux se dessinent pour le secteur de l'aviation, notamment sur trois axes : la sûreté (plus reliée aux aéroports), la sécurité (notamment de nouveaux systèmes de suivi, de boîtes noires, mais aussi d'organisation de l'aviation), et l'environnement (Benjamin, 2010). L'avionique a beaucoup modifié la structure des possibles en termes d'innovation dans le secteur (Acha et Brusoni, 2008), en augmentant la part d'électronique embarquée, et en rendant possible des systèmes automatiques, allant jusqu'à la réalisation de drones, c'est-à-dire d'avions sans pilotes. L'écosystème d'innovation est aujourd'hui en grande partie concentré autour des questions de développement durable, pour un avion polluant moins l'environnement (Galland, 2008). Même si les conférences de Copenhague et de Rio n'ont pas livré les avancées espérées, l'aviation est un secteur qui s'est engagé sur des

résultats importants. Il y a une volonté de la part des États, des compagnies aériennes et constructeurs de diminuer la pollution liée à l'aéronautique³¹.

On utilisera le terme d'*avion vert*, emprunté aux professionnels du secteur de l'aéronautique (voir par exemple CORIM, 2011), lui-même diffusé dans les médias (par exemple Duhamel, 2011) pour qualifier ce type d'approche environnementale de l'avion. La littérature reste très vague sur ce terme, aussi on donnera une première définition de l'avion vert comme d'un avion plus propre, plus respectueux de l'environnement. Il apparaît toutefois que le concept d'avion vert se doit d'être défini, ce qui sera le cas dans le chapitre 6, à travers son étude détaillée.

Le travail effectué sur l'avion vert se fait à trois niveaux : 1) la pollution globale, c'est à dire principalement l'émission de gaz à effet de serre au premier rang desquels on retrouve le dioxyde de carbone (CO₂); 2) la pollution locale, avec l'émission de gaz toxique comme l'oxyde d'azote (NO_x); 3) la pollution sonore, notamment lors des décollages et atterrissages.

Pour prendre l'exemple de la pollution sonore, le volume sonore des nouveaux aéronefs est bien inférieur à celui des modèles précédents. Un appareil est aujourd'hui deux fois moins bruyant qu'un appareil d'il y a 10 ans, et six fois moins qu'un appareil d'il y a 40 ans (CNLA, 2011). Ainsi, selon l'ATA, « la FAA soulignait que, depuis 1975, on a enregistré une baisse de 94 pour cent du nombre de personnes exposées à des bruits d'aéronef importants aux États-Unis, alors que le nombre de passagers transportés par nos sociétés aériennes a triplé » (CNLA, 2011, p. 13).

Pour atteindre la diminution de ces trois objectifs — pollution globale, pollution locale, pollution sonore — trois types de mécanismes sont mis en place : 1) les mesures opérationnelles, 2) les mesures économiques, 3) les mesures technologiques.

³¹ Ainsi, l'OACI vise à une diminution de 2% annuelle des gaz à effet de serre jusqu'en 2020 (soit un total de 20% de diminution), alors que IATA vise une diminution plus modeste de 1,5% annuelle (donc une réduction globale de 15%).

Au niveau opérationnel, on trouve des programmes visant à une amélioration des contrôles aériens, à une modification des trajectoires de vols, des routes, des profils de descente ou de montée, ou encore à l'utilisation de biocarburants. Ces approches reposent sur l'utilisation de nouvelles technologies pour le pilotage, comme l'utilisation de systèmes de navigation GPS. L'optimisation des profils de vols permettrait de réduire de 10% la consommation de carburants, ainsi que la pollution sonore.

Au niveau économique, on vise à utiliser des mécanismes incitatifs tels les droits d'émission sur un marché où les compagnies pourraient s'échanger de tels droits, les taxes carbonees ou d'autres techniques visant à inciter les compagnies ou les utilisateurs à moins polluer. Des mesures comme une fiscalité verte peuvent également être utilisées. Il peut également y avoir des mesures plus contraignantes, comme la taxation des appareils trop polluants.

Au niveau technologique, l'objectif est la construction en 2020 d'un avion capable d'émettre 80% moins de NOx, et affichant une diminution de 50% en ce qui concerne le CO2 ainsi que le niveau sonore (ATAG, 2008), et une réduction globale de 50% des émissions de CO2 en 2050 par rapport à 2005, année de référence (ATAG, 2012).

À ces trois mesures possibles, une quatrième mesure — légale — peut également exister. Il s'agit alors d'interdire certaines technologies, des appareils trop polluants, etc. Ce type de mesures est beaucoup utilisé quand il s'agit de sécurité aérienne, mais encore trop peu concernant les enjeux de pollution.

L'organisation de l'aviation civile internationale (OACI) a toutefois établi des mesures à l'égard du secteur aéronautique, à travers plusieurs résolutions environnementales, notamment les résolutions A37-18³² et A37-19³³ (OACI 2010b). La résolution A37-19 établit notamment une amélioration de 2% par an d'ici 2050 de l'efficacité du fuel utilisé et une stabilisation des émissions de CO2 jusqu'en 2020.

³² Exposé récapitulatif de la politique permanente et des pratiques de l'OACI dans le domaine de la protection de l'environnement — Dispositions générales, bruit et qualité de l'air locale

³³ Exposé récapitulatif de la politique permanente et des pratiques de l'OACI dans le domaine de la protection de l'environnement — Changements climatiques.

Pour effectuer la R&D, les compagnies aéronautiques s'appuient sur l'infrastructure nationale ou supranationale dans le cas de l'Europe. Ainsi, dans le cadre du *Framework Program 7* de l'Union européenne, le programme *Clean Sky* vise à promouvoir cet aspect environnemental. Le budget de ce programme est de 1,6 milliard d'euros sur 7 ans. Il comprend six programmes intégrés : voilures fixes, moteurs verts, hélicoptères verts, avions régionaux verts, systèmes pour une exploitation verte, écodesign. Mais d'autres programmes européens existent comme SESAR (*Single European Sky ATM Research*) ou aux États-Unis le programme NextGen.

Au Québec, la montée du concept d'avion vert se transforme en stratégie de recherche et de développement, comme dans le cas de la stratégie québécoise de la recherche et de l'innovation 2010-2013 (MDEIE, 2010), puisque l'un des cinq grands projets mobilisateurs du Québec tous secteurs confondus est « l'avion écologique » ou programme SA2GE (Système Aéronautique d'Avant-Garde pour l'Environnement) mobilisant 150 M\$, dont 70 M\$ provient de l'état québécois. Parmi les cinq projets, il s'agit du seul concernant le secteur aéronautique. Par ailleurs, la création du Groupement Aéronautique de Recherche et de Développement en eNvironnement (GARDN) au Canada vise à accélérer le développement de l'avion vert.

4.1.4.1. Pourquoi une aviation verte ?

En 2008, l'industrie canadienne de l'aviation représentait 5% des émissions intérieures liées au transport et environ 1% du total des émissions canadiennes (CNLA, 2011). Cela peut sembler peu, mais la croissance du secteur est importante.

Le Revenu Tonne Kilomètres (RTK) est une mesure du volume général d'une compagnie aérienne. Il est calculé en multipliant le nombre de tonnes de charges de revenu (qu'il s'agisse de passagers, de bagages, de fret ou courrier) par la distance de vol (EADS, 2006). Il s'agit d'une mesure de quantité de produits (ou personnes) transportés. Si l'on agrège les

données par pays, cela donne une indication du volume total de vols. Le Tableau 4.2 présente les 20 pays utilisant le plus l'avion, classés par RTK en 2009 (OACI, 2010).

Tableau 4.2 - Les 20 pays les plus grands utilisateurs du secteur aéronautique

Rang	État	RTK (million)	Part du total (%)
1	États-Unis	54 371,9	15,14%
2	Chine	28 789,5	8,02%
3	Allemagne	26 243,2	7,31%
4	Royaume-Uni	22 781,8	6,34%
5	Émirats Arabes Unis	21 822,0	6,08%
6	France	17 178,0	4,78%
7	République de Corée	15 588,6	4,34%
8	Pays-Bas	13 111,3	3,65%
9	Singapour	12 972,9	3,61%
10	Japon	12 664,9	3,53%
11	Irlande	8 007,9	2,23%
12	Canada	6 941,6	1,93%
13	Australie	6 923,5	1,93%
14	Thaïlande	6 538,7	1,82%
15	Espagne	6 360,8	1,77%
16	Qatar	5 621,0	1,56%
17	Malaysie	5 250,5	1,46%
18	Russie	5 168,4	1,44%
19	Inde	5 085,5	1,42%
20	Turquie	4 855,3	1,35%

Si on compare le RTK mondial sur la période 1970-1989 et 1990-2009, celui-ci a été **multiplié par plus de quatre**, passant de 1 252 milliards de RTK à 4 997 milliards de RTK (OACI, 2010). Par ailleurs, selon les estimations de l'OACI, le trafic aérien devrait encore doubler d'ici 2050.

On se trouve donc confronté à une augmentation du trafic aérien pratiquement multiplié par 10 entre 1950 et 2050. Si les émissions devaient suivre l'augmentation de la quantité des vols, elles augmenteraient dans les mêmes proportions.

Or, si l'on peut remplacer une part du fret aérien par du fret en bateau, ou certains vols de courtes distances par du transport au sol, il est difficile, voire impossible de supprimer les vols long-courriers sans impact sur l'ouverture entre peuples du monde. S'il convient donc

d'essayer de réduire la quantité de vol remplaçable par des équivalents moins énergivores, il est également très important de diminuer la pollution de l'aviation.

4.1.4.2. Une intervention de multiples acteurs

Qu'en pensent les acteurs ? L'OACI (2012) a effectué une étude auprès de compagnies aériennes, de fournisseurs de services de navigation aérienne, d'aéroports, d'industriels et d'autres organisations du secteur aéronautique. Pour ces différents acteurs, les cinq enjeux les plus importants sont la gestion des produits dangereux (54%), l'eau (40%), la régulation environnementale nationale (38%), l'air (34%), le bruit (26%). Par ailleurs, les bénéfices de la mise en place d'un système de gestion environnementale les plus souvent cités sont l'amélioration de la réputation et de l'image (34%), l'amélioration de la conformité et l'atténuation des risques (33%) et les améliorations environnementales (25%) — seulement en troisième position.

Pour atteindre une diminution significative de la pollution aéronautique, l'IATA vise 1) un plafonnement des émissions de dioxyde de carbone à partir de 2020 pour le secteur de l'aviation civile, 2) une hausse moyenne des rendements du carburant (en L/100TKP) de 1,5% par an entre 2009 et 2020, 3) une baisse des émissions de dioxyde de carbone de 50% en 2050 par rapport au niveau de 2005 servant de référence (IATA, 2009). Pour arriver à ces objectifs, l'organisme a développé un plan d'action reposant sur quatre piliers : 1) l'amélioration technologique (flotte d'avions, biocarburants); 2) l'amélioration des opérations au sol et dans les airs; 3) l'amélioration des infrastructures (les systèmes de contrôle de la circulation et de la navigation aérienne); 4) la mise en place de mesures économiques (comme les bourses aux carbones).

Les compagnies aériennes jouent également un rôle important. Leur utilisation des avions a un impact important sur la performance environnementale de ceux-ci. En se basant sur les bases de données détaillées de l'OACI, la compagnie allemande Atmosfair (2012) spécialisée dans l'environnement a réalisé une étude sur l'usage des flottes d'avions par 150 compagnies aériennes (dont 25 compagnies *low cost*). Les données couvrent les 150 plus grandes

compagnies aériennes, utilisant 107 modèles d'avions et 310 types de moteurs, 4 segments de marchés, le tout couvrant 92% des vols. La référence d'efficacité à 100% correspond à l'usage de l'avion le plus efficace sur son segment de marché, entièrement rempli. Par la suite, les compagnies sont classées selon leur pourcentage d'efficacité correspondant donc au taux de remplissage x efficacité de l'avion. Le taux moyen de remplissage des avions en 2010 s'élevait à 78% selon l'OACI (Direction de l'aviation civile, 2012), globalement en amélioration au cours des années. L'efficacité globale des compagnies s'échelonne entre 81,1% et 31,2%.

Deux compagnies canadiennes sont présentes dans ce classement : Air Transat, au 16e rang avec un taux d'efficacité de 74% et Air Canada au 62e rang (classée C), évaluée à 61,3% (classée D). WestJet est également classée C parmi les entreprises *low cost*.

La capacité d'action des compagnies aériennes — indépendamment des autres acteurs, se fait sur le facteur d'occupation — passager (taux de remplissage de l'avion), l'efficacité des moteurs de l'avion, le taux d'occupation de l'avion comme cargo, la présence de *winglets* (cf. le chapitre 3, section 3.4.2.2), le modèle ou type d'avion, la capacité de l'avion en nombre de sièges, et sa capacité de cargo. Comme l'illustre la figure 4.5, les deux premiers facteurs sont le taux d'occupation en passager, et le type d'avion.

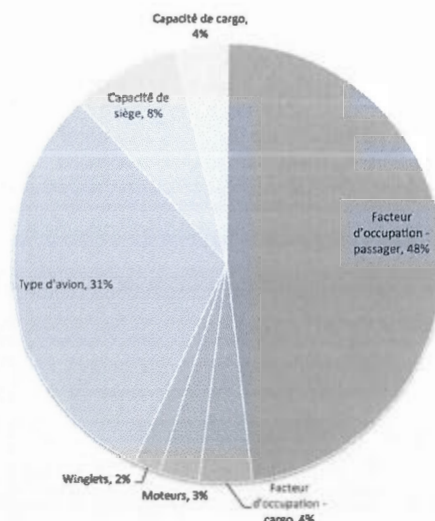


Figure 4.5 - Illustration des facteurs et de leur impact sur l'émission de gaz à effet de serre en CO₂-équivalent (Atmosfair, 2012).

Les compagnies aériennes peuvent contribuer à améliorer la dimension environnementale de plusieurs façons : en renouvelant ses parcs d'aéronefs, en modifiant ses parcs actuels. Le CNLA cite ainsi, à titre d'exemple, la modification des pneus pour des pneus plus légers et disposant de meilleures performances, des initiatives de diminution de la traînée des aéronefs en améliorant l'aérodynamisme, par exemple en vérifiant le calibrage à une fréquence plus élevée, ou en nettoyant plus souvent l'avion, ou ses moteurs, en utilisant une peinture plus légère et améliorant l'aérodynamique de l'appareil, en modifiant l'équipement intérieur pour un équipement plus léger (sièges, systèmes électriques, système d'éclairage, système de divertissement, etc.) (CNLA, 2011). Elle peut aussi former ses pilotes pour leur permettre d'adopter un mode de pilotage diminuant la consommation inutile de l'avion.

Les autres acteurs du secteur aéronautique ont également des rôles importants à jouer sur les questions climatiques, comme les aéroports (Boiral et Ebrahimi, à paraître), les gouvernements et organismes internationaux, les écoles de formation, écoles d'ingénieurs, organismes de financement, organismes parapublics, ONG, consortiums de recherche, propriétaires privées, l'armée, les entreprises de fret. C'est sur la catégorie des fabricants d'avions que porte cette thèse, plus spécifiquement au Québec. C'est là l'objet de la section suivante.

4.2. La grappe aéronautique québécoise

4.2.1. Description économique

Le secteur aéronautique est au premier rang des secteurs de haute technologie (Hatzichronoglou, 1997). Il s'agit d'un secteur possédant une importante intensité technologique. L'institut de la statistique du Québec (M'Rabety, 2008) regroupe dans la grappe aéronautique des entreprises provenant de trois industries dans le système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN), à savoir des Fonderies (3315), de la Fabrication de moteurs, de turbines et de matériel de transmission de puissance (3336) et de la Fabrication de produits aérospatiaux et de leurs pièces (3364) et dont le nombre total d'entreprises est alors de 181 en 2006 (voir le Tableau 4.3). Cette définition est toutefois fort

incomplète, puisqu'elle n'inclut par exemple pas les simulateurs de vols. Ainsi, une grande entreprise comme CAE, maître d'œuvre dans l'industrie, n'est pas intégrée dans le secteur aéronautique selon cette définition.

Tableau 4.3 - Distribution du nombre total d'établissements selon les industries composant la grappe « Aéronautique », Québec, de 1999 à 2006 (d'après M'Rabety et Institut de la statistique du Québec, 2008)

SCIAN	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
3315	57	50	50	49	48	50	46	49
3336	35	38	36	34	34	33	29	43
3364	63	70	67	71	71	65	63	89
Total	155	158	153	154	153	148	138	181

L'OCDE travaille à partir de la classification internationale type par industrie (CITI, version 4), et l'industrie aérospatiale est représentée par le code 3030 — Construction aéronautique et spatiale et de matériel connexe (Nations Unies, 2009). Les entreprises regroupées au sein de cette classification sont présentées dans l'Encadré 4.1. Le grand avantage de ce type de classification est de pouvoir faire des comparaisons statistiques d'un même secteur entre pays. L'inconvénient majeur est de ne pas tenir compte de la réalité des entreprises et organismes oeuvrant dans un secteur donné.

Encadré 4.1 : Classification de l'OCDE (Nation Unies, 2009, pp. 168-169)

Cette classe comprend les activités suivantes :

- construction d'aérodyne pour le transport de marchandises ou de passagers, pour les forces armées, pour le sport et autres usages
- construction d'hélicoptères
- construction de planeurs, ailes delta
- construction de ballons dirigeables
- fabrication de parties et accessoires des aéronefs rangés dans cette classe :
 - grands assemblages, tels que fuselages, ailes, portes gouvernes, trains d'atterrissage, réservoirs à carburant, nacelles, etc.
 - hélices, rotors et pales de rotor d'hélicoptères
 - moteurs utilisés pour la propulsion d'aéronefs
 - parties de turboréacteurs et de turbopropulseurs pour aéronefs
- construction d'appareils au sol d'entraînement au vol
- construction de véhicules spatiaux, de véhicules lanceurs pour véhicules spatiaux, satellites, sondes planétaires, stations orbitales, navettes
- construction de missiles balistiques intercontinentaux (MBI)

Cette classe comprend également les activités suivantes :

- révision et modification d'aéronefs et de moteurs d'aéronefs
- fabrication de sièges d'aéronefs

Exclusions :

- fabrication de parachutes
- fabrication de matériel militaire et de munitions
- fabrication de matériel de télécommunications pour satellites
- fabrication d'instruments divers pour la navigation aérienne et l'aéronautique
- fabrication de systèmes de navigation aérienne
- fabrication de matériel d'éclairage pour aéronefs
- fabrication de dispositifs d'allumage et autres pièces électriques pour les moteurs à combustion interne
- fabrication de pistons, de pistons à segments et de carburateurs
- fabrication de dispositifs de lancement d'aéronefs, de catapultes pour aéronefs et de matériel connexe

Aussi, on préférera — à l'instar de l'ex-ministère du développement économique de l'innovation et de l'exportation (MDEIE), aujourd'hui Ministère des finances et de l'économie du Québec — adopter une définition plus proche du terrain prenant en compte la réalité économique des entreprises et organisations. On peut alors définir l'industrie aéronautique comme comprenant

[...] les activités de développement et de fabrication ou de maintenance d'aéronefs, de moteurs, de matériel et de pièces d'aéronefs. Elle englobe les produits connexes, les équipements et les systèmes de simulation, de navigation, de guidage, de contrôle, de communication, de surveillance et de défense pour les aéronefs.

Au Québec, le secteur aéronautique représente 99 % du secteur aérospatial (le secteur aérospatial est composé des domaines de l'aéronautique et du spatial) (MDEIE, 2008, p. 10).

Avec cette approche terrain, où les entreprises de la grappe sont les entreprises ayant effectivement des activités dans le secteur aéronautique, la grappe québécoise est composée de 210 entreprises employant 42 550 personnes, dont 10 000 ingénieurs et scientifiques, et réalisant des ventes de 11,7 milliards de dollars (MFEQ, 2013). Elle exporte plus de 80 % de sa production, ce qui en fait le deuxième exportateur manufacturier au Québec en 2008, et sa masse salariale représente 3,3 % des effectifs mondiaux (MDEIE, 2009).

On retrouve typiquement quatre catégories d'acteurs : 1) les maîtres d'œuvre³⁴, 2) les équipementiers³⁵, 3) les fournisseurs de produits et de services spécialisés et 4) les sous-traitants³⁶. Le Tableau 4.4 reprend les principales caractéristiques socioéconomiques de la grappe.

Tableau 4.4 - Grappe industrielle aérospatiale du Québec, données de 2008 (MDEIE, 2009)

	Entreprises	Ventes (G\$)	Emplois
Maîtres d'œuvre	4	8,8	23340
Équipementiers	14	2,4	7590
Fournisseurs de produits et de services spécialisés	128	0,7	4930
Sous-traitants	88	0,5	4340
Totaux	234	12,4	40200

La grappe aéronautique québécoise est composée d'entreprises fortement spécialisées. Il s'agit en effet de la grappe québécoise avec le plus haut taux de spécialisation (M'Rabaty, 2008). À noter qu'en 2004, 39,7 % des entreprises et organisations de celle-ci achètent leurs matières premières et composants dans la province du Québec et 59,7 % au Canada.

³⁴ Bombardier Aéronautique, Pratt et Whitney Canada, Bell Helicopter Textron Canada, CAE Inc.

³⁵ Rolls-Royce, Héroux-Devtek, Esterline CMC Électronique, L-3 MAS, GE Aviation, MDA, Sonaca Montréal, Messier-Bugatti-Dowty, Mecachrome Canada, Thalès Canada, Aerolla Canada, Turbomeca Canada, Liebherr-Aerospace Canada

³⁶ Dans ces deux catégories, on donnera comme exemple d'entreprises C&D Zodiac, Innoviteh Aviation, Groupe Avianor, Groupe Meloche, Mesotec, Marinvent, AV&R, etc. Voir le profil de l'industrie aérospatial (Aéromontréal, 2012)

Les maîtres d'œuvre tendent aujourd'hui à limiter de plus en plus leurs activités à la conception, l'assemblage final et la commercialisation des appareils, en sous-traitant les autres aspects à un nombre fini de fournisseurs. De plus, les maîtres d'œuvre concluent une part croissante des partenariats avec des fournisseurs étrangers. Ceci a pour objectif de réduire les coûts de production, ainsi que de rentrer sur les marchés étrangers, à travers une production — en partie — locale. Il s'agit d'une tendance mondiale, favorisant les firmes-pivots (voir la section 4.1.3.1).

Les activités et la structure de la grappe industrielle aérospatiale au Québec sont schématisées sur la Figure 4.6. Par ailleurs, plusieurs organismes internationaux sont présents dans la région de Montréal : l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), sous la tutelle de Nations Unies ; l'Association du transport aérien international (ATAI / IATA) ; le conseil international des aéroports (ACI) ; la Société internationale de télécommunications aéronautiques (SITA) ; le Conseil international de l'aviation d'affaires (IBAC) ; la Fédération internationale des associations de contrôleurs aériens (IFATCA) et le Conseil international de formation aérospatiale (CIFA) (Montréal International, 2001; MFEQ, 2013). Plusieurs regroupements d'entreprises aéronautiques y sont également présents : AéroMontréal, le comité sectoriel de main-d'œuvre en aérospatiale au Québec (CAMAQ), le consortium de recherche et d'innovation en aérospatial au Québec (CRIAQ), le groupement aéronautique de recherche et développement en environnement (GARDN), le programme SA2GE (Système Aéronautique d'Avant-Garde pour l'Environnement) du groupement pour le développement de l'avion plus écologique.

À cela on peut ajouter plusieurs centres de recherche, organismes de formations et universités travaillant étroitement avec le secteur : le Conseil national de recherches Canada (CNRC), l'École nationale d'aérotechnique (ÉNA), l'École des métiers de l'aérospatiale de Montréal (ÉMAM), AéroETS, GEME Aéro, le centre aérospatial de perfectionnement (CAPE), etc.

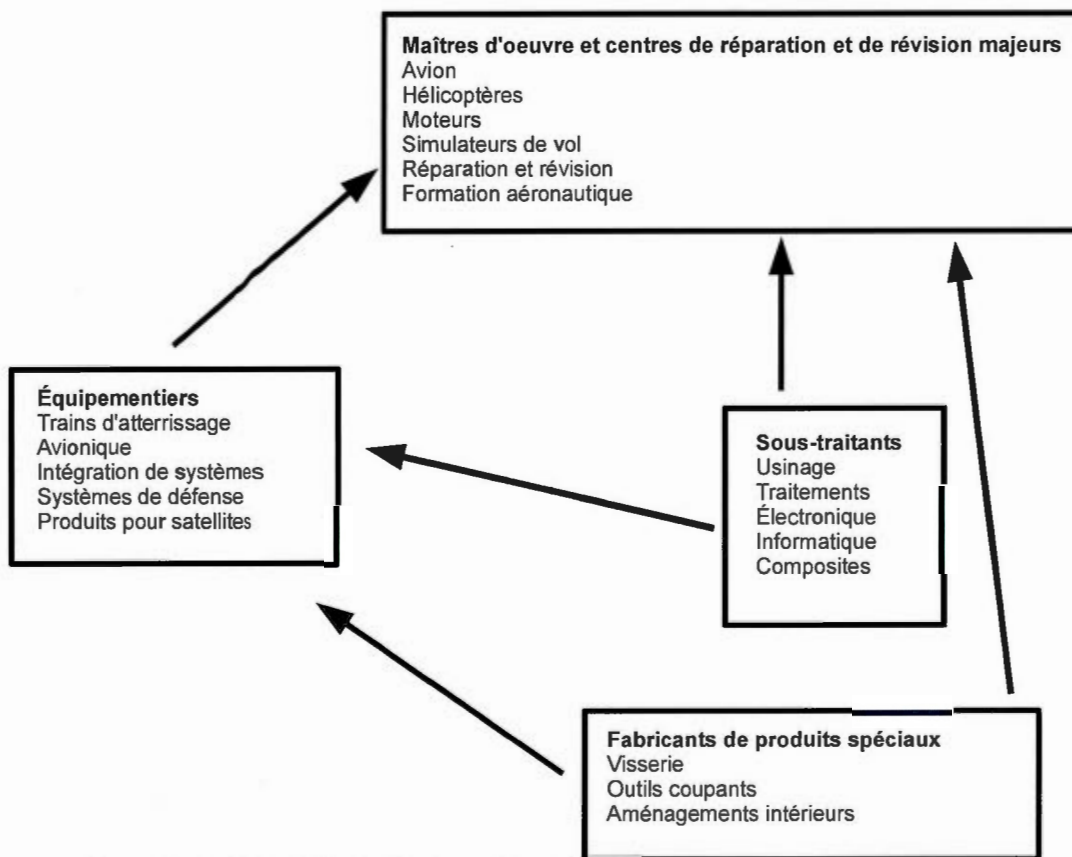


Figure 4.6 - Activités de l'industrie aérospatiale québécoise (d'après Montréal International, 2001)

Mais comment se retrouvent distribuées ces entreprises au Québec ? Peut-on vraiment parler de grappe industrielle ?

4.2.2. Description géographique

Selon la littérature sur les grappes industrielles, celles-ci doivent avoir une cohérence spatiale et se retrouver réunies dans une même zone géographique. Il s'agit d'une question importante, car, comme l'ont par exemple montré Sonn et Storper (2008) à partir d'une recherche sur les dépôts de brevets, la production de savoir est fortement corrélée avec la proximité géographique.

Or, même si certaines entreprises demeurent isolées, la grappe aéronautique est assez concentrée, notamment dans la région de Montréal (M'Rabety, 2008). La Figure 4.7 représente les entreprises de la grappe au Québec.

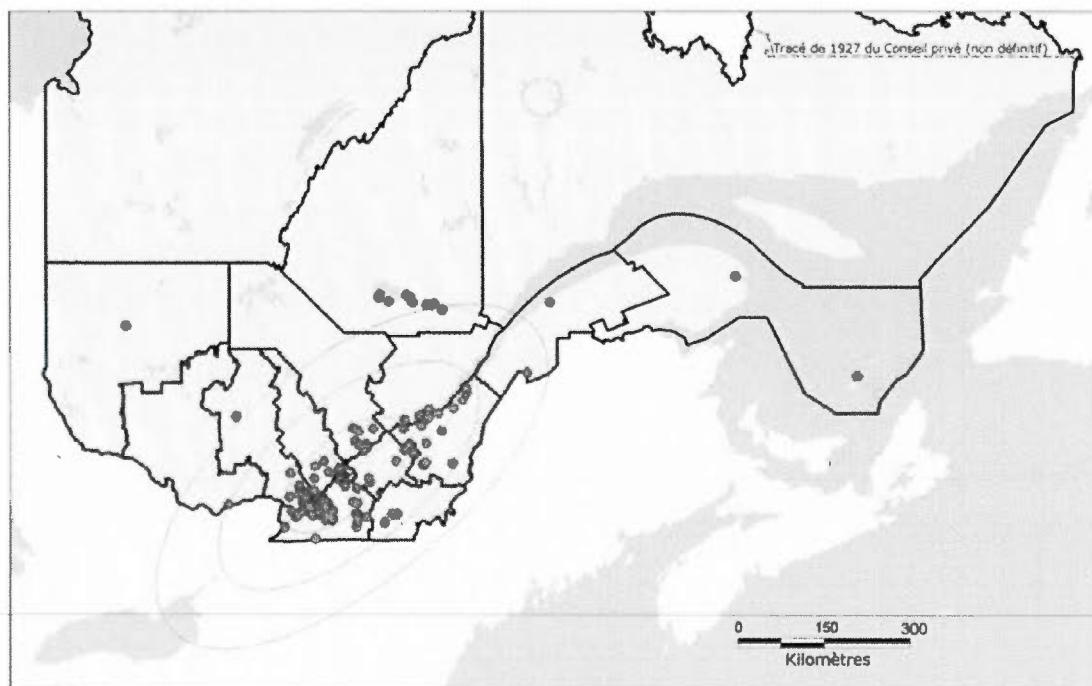


Figure 4.7 - Répartition des établissements de la grappe « Aéronautique » au Québec, 2006 (M'Rabety et Institut de la statistique du Québec., 2008)

On observe que la grande majorité des entreprises se situe dans la grande région de Montréal. C'est d'autant plus vrai si l'on regarde la taille des acteurs telle que l'illustre la Figure 4.8 (Ben Hassen et al., 2011). Les acteurs éloignés sont le plus souvent de petits acteurs, les grandes entreprises se trouvant dans la région montréalaise. Par ailleurs, le Québec étant la première province au Canada en terme d'aéronautique, la région montréalaise correspond au pôle d'attraction canadien de l'aéronautique, avec notamment la présence des quatre maîtres d'œuvre présents dans la région, ainsi que de nombreux intégrateurs et sous-traitants.

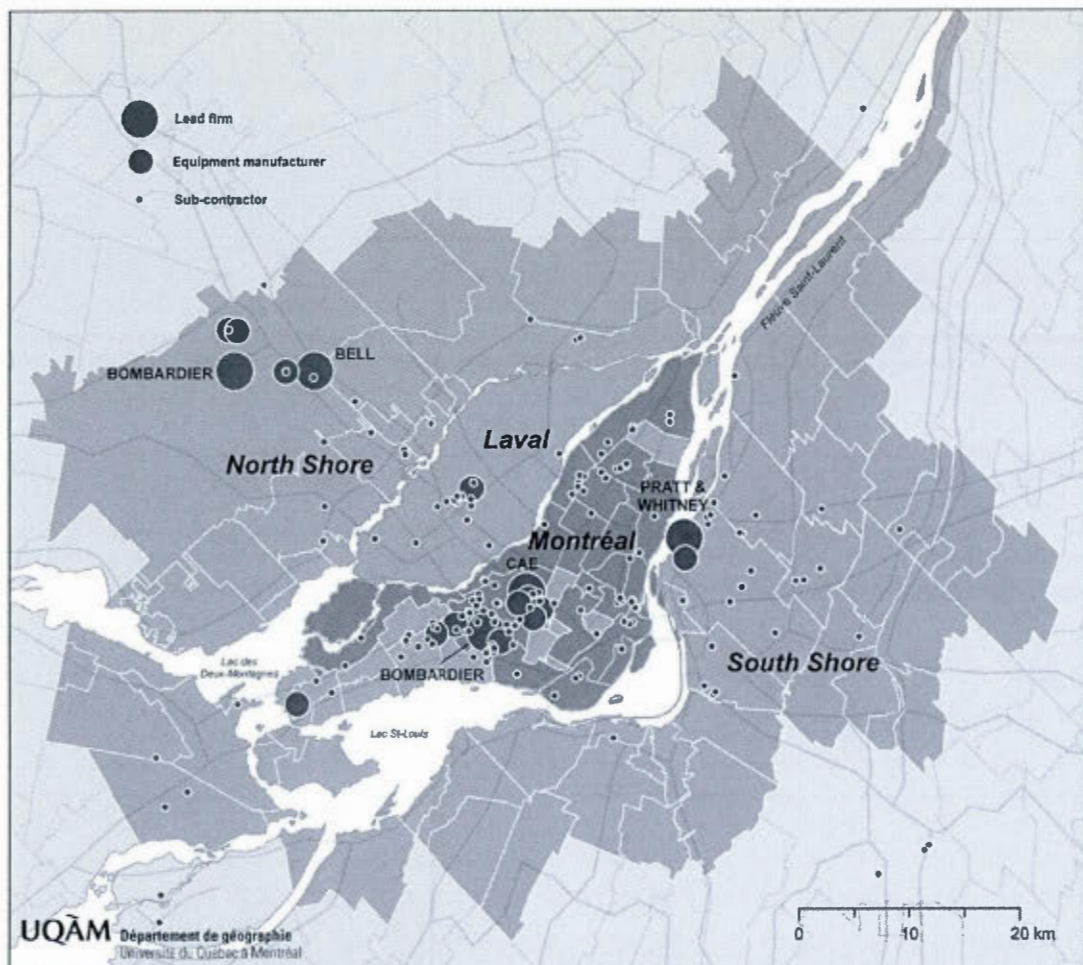


Figure 4.8 - Entreprises aéronautique dans la grande région de Montréal (Source: Ben Hassen et al., 2011)

Ainsi, même si l'on retrouve des entreprises dans des régions éloignées, la grande majorité est présente dans la région de Montréal. Aussi on peut parler de grappe aéronautique. Il est alors intéressant de regarder comment ces entreprises travaillent ensemble.

4.2.3. Description collaborative

Peu d'études de la collaboration dans la grappe aéronautique québécoise existent. À partir des données du MDEIE et d'une étude terrain, le groupe GEME Aéro (Ebrahimi et al., 2008) a construit une représentation du travail des acteurs de la grappe visible sur la Figure 4.9.

Chaque nœud caractérise une entreprise de la grappe et les liens représentent une relation. On voit alors apparaître un réseau dense de relation sur cette figure.

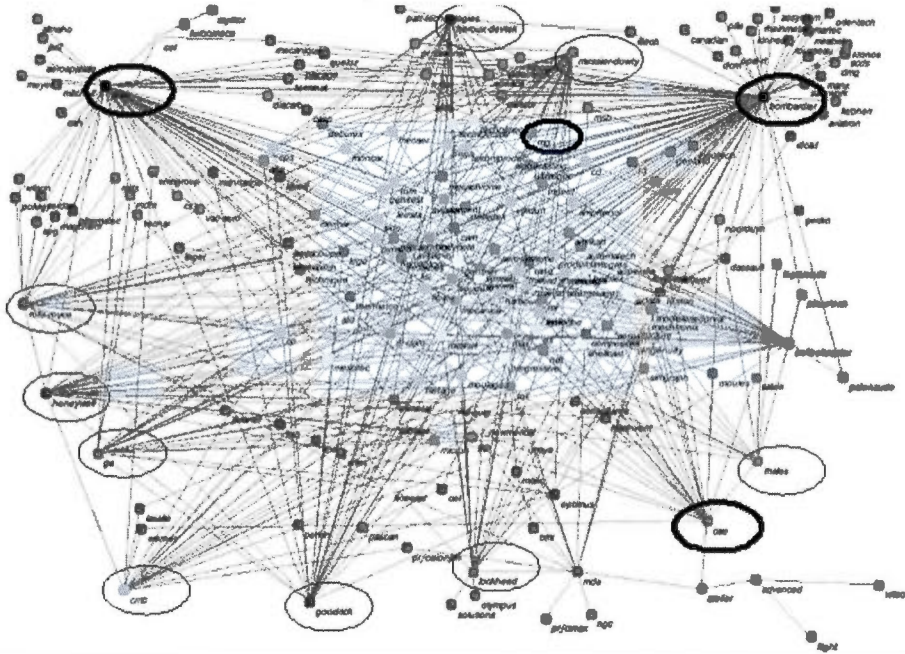


Figure 4.9 - Relation entre acteurs de la grappe aéronautique québécoise (Ebrahimi et al., 2008)

Toutefois, les apparences peuvent être trompeuses, car ce graphe est fortement centralisé. Ainsi, si l'on retire les 11 premières entreprises collaborant, il ne reste plus que quelques entreprises travaillant ensemble au sein de la grappe (voir la Figure 4.10). Cela indique une forte centralisation, avec quelques entreprises clés, et beaucoup d'autres entreprises dépendantes de celles-ci.

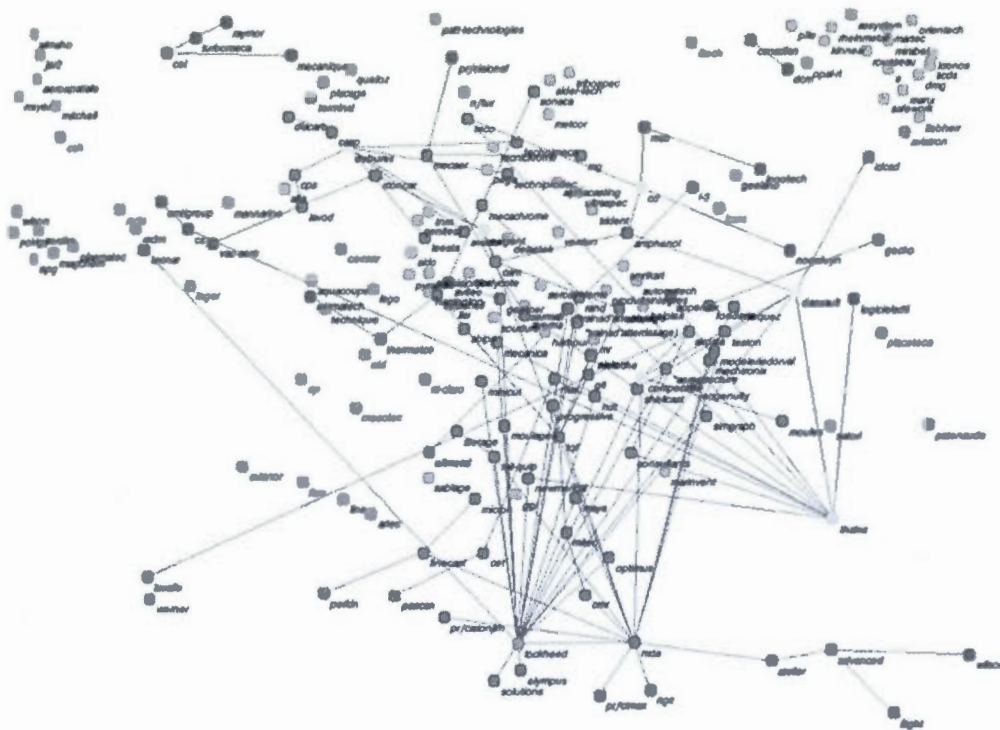


Figure 4.10 - Acteurs de la grappe sans les 11 principaux acteurs (Ebrahimi et al., 2008)

Toujours dans la même étude, les chercheurs montrent l'impact de la financiarisation entraînant une recherche de retour sur investissement rapide et à court terme, influençant la nature de l'innovation et la capacité à innover, et fragilisant la position des acteurs dans une logique de court terme. Les politiques de R&D souffrent d'un déficit de support et de subvention sur la R&D à long terme, qui permettrait de relever le défi de la conciliation des exigences financières à court terme et du développement des projets de R&D à long terme. Par ailleurs, les PME et sous-traitants sont trop peu encouragés à l'innovation. La collaboration entre acteurs de la grappe est perçue comme plus commerciale que sectorielle, avec une absence de stratégie d'innovation ouverte. Les connaissances stratégiques y sont de ce fait fragilisées, car les décisions se font selon des critères financiers plutôt que sur la base du maintien et de la création de savoirs.

4.2.4. R&D et Innovation dans l'aéronautique au Québec

En 2006, les dépenses de R&D étaient de près de 649 millions de dollars dans le secteur aéronautique québécois (Institut de la statistique du Québec, 2009). La somme du montant des cinq premières entreprises dépensant le plus en R&D au Canada est de plus de deux milliards de dollars (Research Money, 2012).

Cinq entreprises aéronautiques se retrouvent dans ce « Top 100 » de l'organisme Research Money des entreprises dépensant le plus en R&D (voir le Tableau 4.6), regroupant 18% du total des dépenses de R&D toutes industries confondues. On y trouve 3 maîtres d'œuvre (Bombardier, Pratt et Whitney Canada, CAE) et 2 intégrateurs (Honeywell Canada, Héroux-Devtek). Quatre de ces cinq entreprises ont leur siège social au Québec dans la région de Montréal. Bombardier, qui est la deuxième entreprise investissant le plus en R&D au Canada, dépense plus de 1.3 milliard de dollars en R&D par an.

Tableau 4.5 - Top 5 des entreprises ayant la plus grande dépense de R&D en aéronautique (d'après Research Money, 2012)

Place dans le classement	Compagnie	Dépense en R&D 2011 (en milliers de dollars)	Revenu 2011 (en milliers de dollars)	Intensité de la recherche
2	Bombardier Inc.	1 336 274 \$	18 147 018 \$	7,4%
6	Pratt & Whitney Canada	473 000 \$	2 730 000 \$	17,3%
19	CAE Inc.	117 042 \$	1 629 000 \$	7,2%
33	Honeywell Canada	70 132 \$	1 133 129 \$	6,2%
90	Héroux-Devtek Inc.	14 303 \$	357 572 \$	4,0%

Si ce montant total est important, il faut bien comprendre qu'il est très fortement concentré entre de trop rares entreprises (voir la Figure 4.11). Vu la forte différence entre le premier et cinquième de ce classement, on peut supposer que le montant total investi au Canada en R&D n'est guère supérieur. On retrouve une entreprise dépensant plus que la moitié des dépenses totales de R&D du secteur, et les deux premières entreprises qui dépenseraient ensemble de 75% à 85% des dépenses totales de R&D. Bombardier dépense en R&D 93 fois le montant investi par Héroux-Devtek (voir la Figure 4.12).

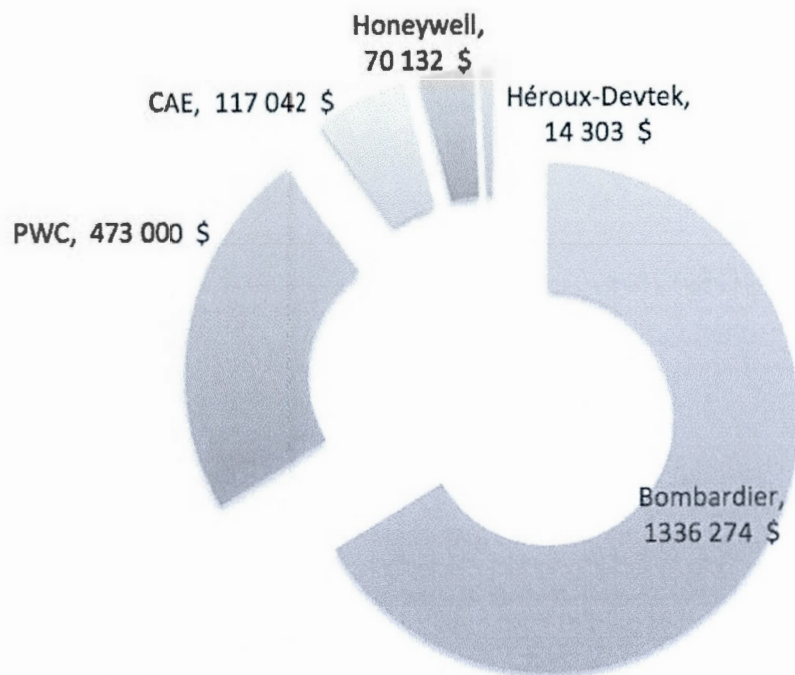


Figure 4.11 - Représentation des montants dépensés en R&D par les cinq entreprises aéronautiques du top 100. Si l'on prend les deux premières, Bombardier et PWC, elles dépensent 90% de ce montant (d'après Research Money, 2012).

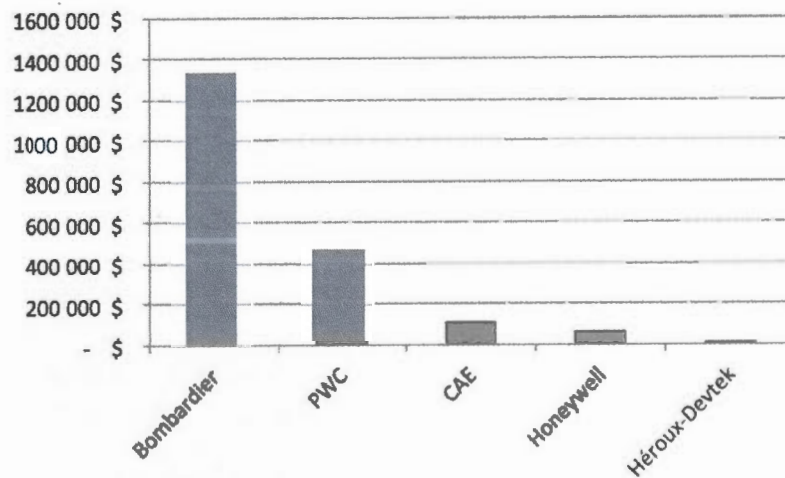


Figure 4.12 - Dépense de R&D des cinq entreprises aéronautiques dans le classement (d'après Research Money, 2012)

L'intensité de la recherche, qui correspond à la part des dépenses de R&D sur les revenus totaux fluctue entre 4% et 17,3%. L'entreprise avec les plus grandes dépenses absolues, Bombardier, n'est pas celle possédant la plus grande intensité de recherche. Il s'agit de Pratt et Whitney Canada (PWC).

Les montants de R&D sont sujets à d'importantes variations à travers le temps comme l'illustrent les variations de personnel affecté à la R&D suivant les années présentées sur la Figure 4.13 (Institut de la statistique du Québec, 2007; Institut de la statistique du Québec, 2009). Cela n'est probablement pas sans poser des problèmes de transfert de connaissances et de continuité dans les activités de R&D.

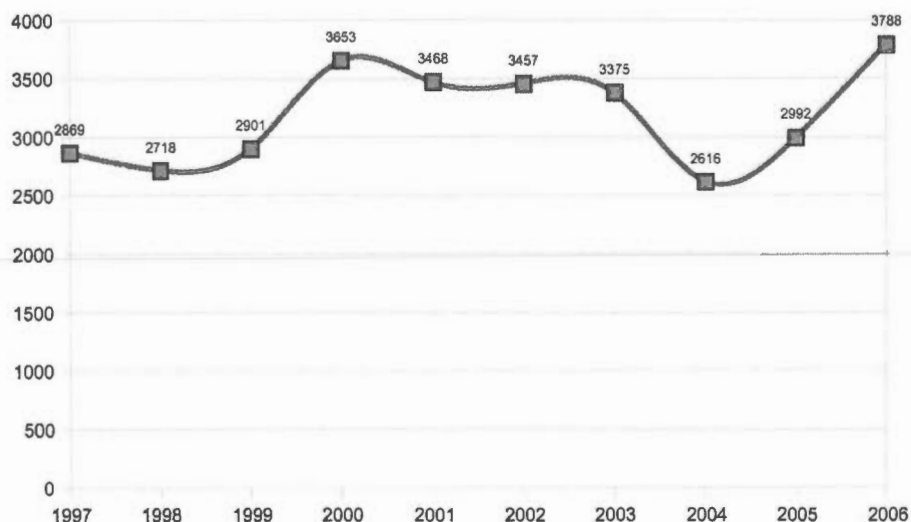


Figure 4.13 - Personnel total affecté à la R-D intra-muros dans l'industrie aéronautique au Québec, de 1997 à 2006 (Institut de la statistique du Québec, 2007; Institut de la statistique du Québec, 2009)

Selon une étude menée entre 2002 et 2004, le taux moyen d'innovation pour le secteur de la fabrication de produits aérospatiaux et de leurs pièces est de 75,6 % (Institut de la statistique du Québec, 2010). Toutefois, si l'on prend plus globalement les entreprises de la grappe aéronautique selon les critères fixés par l'ISQ, ce taux est ramené à 67,1 % sur la même période (M'Rabety, 2008). Durant cette période, 7,5 % des entreprises du secteur ont introduit une innovation de produit sur le marché qui était une première mondiale.

Les entreprises recevant des crédits d'impôt sur les activités de recherche et développement innovent significativement plus (à 82,3 %) que celles qui n'en reçoivent pas (à 54,7 %). Mais il ne faut pas perdre de vue que le secteur aéronautique est l'un des secteurs les plus aidés par les gouvernements à travers le monde, et que le Canada en général, et le Québec en particulier aide moins ce secteur que ce n'est le cas dans les autres pays comme l'illustre le Tableau 4.5, comparant le pourcentage d'aide publique pour les activités de R&D en Europe, aux États-Unis et au Canada et Québec (MDEIE, 2006, p. 26).

Tableau 4.6 - Aide publique à la R&D (d'après MDEIE, 2006, p. 26)

États	Aide publique à la R&D
États-Unis	60%
Europe	50%
Canada et Québec	30%

Le taux d'innovation dans la grappe aéronautique québécoise étant relié à une collaboration avec une autre entreprise ou organisation est de 46,5 %, ce qui en fait l'industrie où le taux de collaboration visant l'innovation est le plus élevé au Québec (M'Rabety, 2008). La Figure 4.14 est une représentation des acteurs investissant en R&D dans la grappe aéronautique (Ebrahimi et al., 2008), et de leurs collaborations. On voit que la carte est beaucoup moins dense que celle de la Figure 4.8.

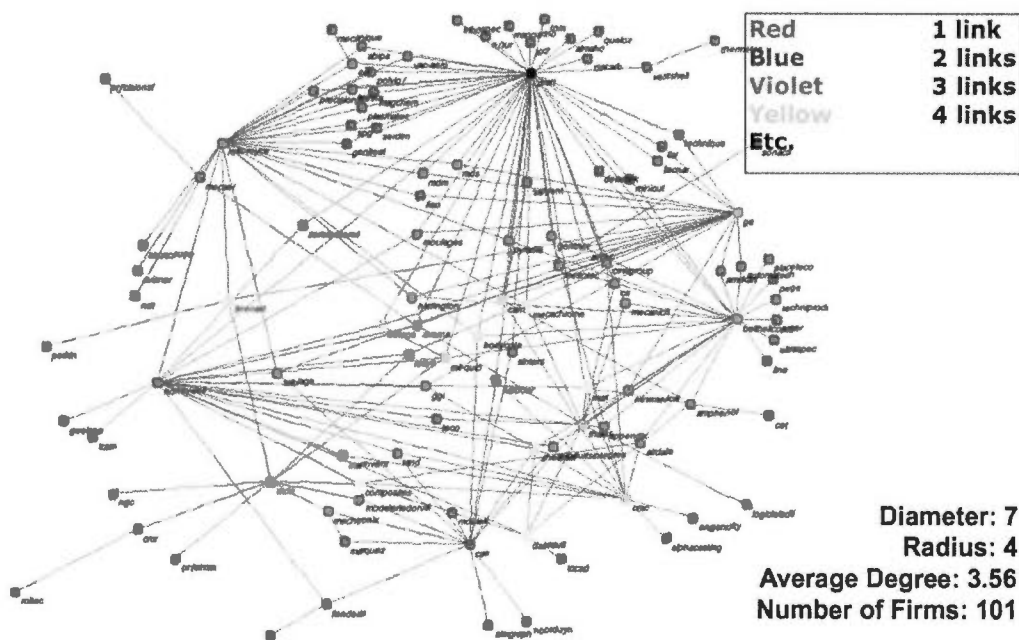


Figure 4.14 - Les acteurs de la grappe aéronautique québécoise (Ebrahimi et al., 2008)

Il s'agit toutefois de représentations quantitatives, ne donnant aucune information sur la nature et l'intérêt des collaborations, ni de leur orientation. D'où l'intérêt de cette recherche et de la méthodologie utilisée, en lien direct avec les acteurs.

Conclusion du chapitre

Ce chapitre a présenté le contexte historique et la transformation du secteur aéronautique, et l'impact sur le modèle industriel associé. Après les trois temps centrés sur l'avion comme engin volant fiable, plus puissant et l'avion moins cher, l'innovation se tourne aujourd'hui vers l'avion vert. La grappe aéronautique québécoise y est décrite, économiquement, géographiquement et à travers les travaux portant sur l'innovation. Il en ressort l'importance d'étudier l'innovation au sein de la grappe elle-même et notamment la place qu'y joue l'avion vert, en relation directe avec les acteurs.

CONCLUSION DE LA PARTIE I

PROBLÉMATIQUE ET CADRE D'ANALYSE

En guise de conclusion de cette première partie, on traitera de la problématique et du cadre d'analyse construit à partir de la revue de littérature effectuée visant à y répondre.

Problématique

La problématique correspond à l'approche ou la perspective théorique adoptée — relevant d'un choix — visant à traiter les questions de la recherche (Quivy, Van Campenhoudt, 1988). La question de recherche définie en introduction visait à déterminer s'il y a un lien entre innovation verte et innovation ouverte ? Si oui, quel est-il ? Qu'est-ce que l'avion vert ? Oriente-t-il les recherches, ou découle-t-elle de ces dernières ? Quels impacts sur la collaboration ? Le concept d'avion vert influence-t-il l'organisation de l'industrie aéronautique ?

À travers cette première partie, on a eu l'occasion de voir dans le chapitre 1 l'impact du système économique sur le système managérial. Or, le système économique, en crise, est basé sur des théories en déphasage avec la réalité contemporaine d'une économie basée sur le savoir et visant à une économie plus verte.

Le chapitre 2 présente deux conceptions de la gestion des connaissances opposées, basées sur deux conceptions de la nature des connaissances. On y présente les différentes avancées au niveau de l'individu, du groupe et de l'organisation en matière de gestion des connaissances.

Le chapitre 3 montre l'importance grandissante de la notion de réseau à travers les alliances et collaborations, avec l'importance tant du fond que de la forme. On y voit la mutation des systèmes de R&D, qui visent l'innovation, à travers une adoption de l'innovation ouverte à travers les réseaux de collaboration de R&D et une orientation de ceux-ci vers l'éco-innovation.

Le chapitre 4 décrit les trois phases historiques du secteur aéronautique, à travers une orientation visant 1) un avion fiable, 2) un avion plus puissant, 3) un avion moins cher. On y montre que le secteur oriente à présent ses efforts en direction d'un avion plus respectueux de l'environnement, l'avion vert. Étant donné que les trois premiers temps ont été reliés à une structure spécifique de l'industrie et des pratiques propres, on peut se demander si ce quatrième temps ne possède pas aussi sa structure propre. Dans une deuxième partie de ce chapitre, on décrit la grappe aéronautique québécoise, qui constitue le terrain de cette recherche.

Partant de là, on peut donc chercher à caractériser l'innovation verte et l'innovation ouverte à travers leurs liens avec d'une part le système de R&D, d'autre part le système managérial et le système économique. On traitera de l'innovation verte à travers l'objet *avion vert*, et de l'innovation ouverte à travers les *collaborations de R&D* menées dans l'industrie.

L'idée de lier avion vert et collaborations de R&D au système de R&D est assez naturelle, puisque le système de R&D est le lieu où l'innovation s'organise. Étant donné que l'on observe ces collaborations de R&D, on s'intéressera au système de R&D des organisations étudiées, mais également au système de R&D de l'industrie.

Le système de R&D est lui-même lié au système managérial des organisations auxquels il est soumis. On notera également que les différentes phases de l'aviation présentées dans le chapitre 4 peuvent être mises en parallèle avec différentes phases du système économique tel que présenté sur le Tableau I.1.

Tableau I.1 - Correspondance du système économique et des phases de l'aéronautique.

Période	Système économique	Phase de l'aéronautique
1900-1945	Logique fordiste	Avion fiable
1945-1975	Logique industrielle	Avion puissant
1975-...	Logique financière	Avion moins cher
2010-...	?	Avion vert

Aussi, on s'intéressera aux liens de l'avion vert et des collaborations de R&D avec le système économique émergeant.

Concernant l'avion vert, on cherchera à le définir, et notamment à observer, au-delà des innovations technologiques, l'objet managérial dont il est question.

On peut donc synthétiser la question de recherche sous la problématique suivante :

Dans le cadre du système économique et du système managérial, ainsi que du système de R&D qui en découle, cette recherche vise à préciser le rôle de l'avion vert comme objet managérial et ses liens avec l'organisation du système de recherche et développement dans l'industrie.

Cadre d'analyse

Pour répondre à cette problématique, on propose le développement du cadre d'analyse exposé dans cette section. Celui-ci reprend le système de R&D, le système managérial et le système économique, tous les trois encadrés, ainsi que l'individu, puisque c'est lui le porteur de connaissances. On observera la relation entre ces différents niveaux et l'avion vert, en considérant notamment la relation entre l'avion vert et le système de R&D qui intègre le mode d'organisation de la R&D interne et externe, et donc le mode d'innovation ouverte à travers la collaboration, qui permettra de traiter la problématique posée.

Afin de détailler et comprendre ce cadre d'analyse, on propose de détailler chacune des relations dans les pages qui suivent, en partant du point de départ, à savoir des connaissances. Des hypothèses portant sur les liens entre ces différentes entités seront détaillées, dans l'objectif de mieux suivre les résultats de la recherche, mais aussi d'en détailler les modalités.

Les connaissances, enracinées dans les individus.

On l'a vu dans le chapitre 2, la connaissance est composée de connaissances tacites et de connaissances explicites. Elles sont toutes les deux imbriquées au sein d'un porteur de savoir qu'est l'individu. Les connaissances explicites, si elles sont plus voyantes et visibles, représentent l'aspect tangible, mais pas nécessairement le cœur du savoir des individus. Ceux-ci sont organisés en équipes, groupes, communautés diverses au sein d'un système de recherche et de développement, propre à une organisation, et ayant un ensemble d'objectifs stratégiques. Pour atteindre ces objectifs, ce système de R&D a besoin du savoir des différents individus qui le composent. À ce niveau, on ne testera pas les liens entre connaissances tacites et connaissances explicites, car ces liens sont couramment traités dans la littérature et ont été validés (voir par exemple Schulze et Hoegl, 2006).

Les individus composent le système de R&D

Dans le cadre des théories de la firme basée sur la connaissance (cf. le chapitre 2), on peut même considérer que la connaissance est l'essence même d'une organisation. Les différents savoirs techniques, commerciaux, stratégiques, culturels, savoir-faire, théoriques et pratiques, connaissances des réseaux de personnes, etc. représentent sous leurs formes organisées ce qu'on qualifiera de système de R&D de l'entreprise. C'est donc les individus qui, en combinant leurs connaissances dans des réseaux techniques et humains, alimentent la R&D de l'entreprise.

Le système de R&D repose sur les pratiques de gestion des connaissances utilisées en son sein en vue d'aboutir au transfert et à la création de nouveaux savoirs. C'est le moteur rendant la R&D plus ou moins efficace dans l'émergence de connaissances, selon les

pratiques mises en place. L'efficacité de cette dernière dépend à la fois des connaissances dont disposent les individus qui la composent, mais également du mode d'organisation interne et externe à l'organisation.

Cette R&D se fait traditionnellement à l'interne de l'entreprise. Organisée au sein de départements spécialisés, ou en collaboration avec d'autres départements, les entreprises ne mobilisent généralement que peu leur environnement externe. Ce système de R&D correspond à un système de R&D organisationnel (ne faisant pas appel à ce qui transcende les frontières de l'organisation).

Toutefois, on l'a vu au chapitre 3, des partenariats de recherche et développement s'établissent de plus en plus entre organisations, ouvrant la porte à l'innovation ouverte, c'est-à-dire franchissant les frontières de la firme. Ces partenariats peuvent se faire entre entreprises privées (entreprises similaires ou client-fournisseur), entre entreprises et universités, avec ou sans la participation d'autres acteurs institutionnels, par exemple les consortiums de recherche. Ces partenariats de recherche peuvent s'établir sur des bases plus ou moins solides, plus ou moins fortes menant à une collaboration selon la force du lien unissant les parties partenaires. On est ici dans un système de R&D dépassant les frontières de l'organisation.

Ces systèmes de R&D sont donc à la fois en lien avec les individus qui la composent et avec leur organisation sociale et leur organisation technique. On peut donc établir l'hypothèse H1 :

H1 - Les individus alimentent de leurs connaissances le système de R&D en les mêlant à travers des réseaux sociotechniques.

Le système de R&D influence les acteurs qui le composent

Les individus étant intégrés au sein du système de R&D, et soumis à son mode de fonctionnement, celui-ci est probablement en mesure de les influencer, et d'orienter leurs

savoirs, mais également leurs valeurs et leurs croyances propres. La conséquence est une modification potentielle de la manière dont ils organisent et articulent leurs connaissances. Selon le mode d'organisation de la R&D, et notamment selon que celle-ci soit uniquement interne à l'organisation ou qu'elle soit collaborative, les pratiques et savoirs des individus seraient donc modifiés, changeant entre autres choses leurs capacités d'absorption, la possibilité de socialiser, d'organiser des *bas*, de modifier l'intention des acteurs, leur autonomie, le taux d'acceptation de savoirs désorganisés ou chaotiques, le niveau de variété dans les équipes ou encore l'acceptation de la redondance, pour ne prendre que ces exemples. On formule donc l'hypothèse suivante :

H5 - Le système de R&D impacte les individus et la façon dont ils organisent et articulent leurs connaissances.

Le système de R&D sous l'influence du système managérial

Le système de R&D n'est pas la simple résultante des individus qui le composent. Il est lui-même soumis à un système managérial s'il n'y a pas de R&D collaborative, ou à plusieurs systèmes managériaux s'il y a collaboration. En effet, l'orientation de la R&D, et son organisation en système résultent du système managérial. Par exemple, la réponse à ces questions a probablement des incidences fortes sur l'orientation et l'organisation du système de R&D : comment est évaluée la recherche ? Comment sont évalués les individus ? Quels comptes doivent-ils rendre à l'organisation ? Quelle est l'échelle temporelle dont disposent les ingénieurs ? On établit donc l'hypothèse H2 :

H2 - le système de R&D est soumis à l'influence du système managérial

Le système de R&D et le système managérial sous l'influence du système économique

Les ou le système managérial englobant le système de R&D est à la fois propre à l'organisation en question (ou aux plusieurs organisations dont il émane), mais dépend également des théories et des pratiques dominantes, ainsi que des institutions et de la culture au sein du système économique. Une grande organisation cotée en bourse sera soumise à des contraintes financières importantes en matière de rendement, qui se traduiront par une culture et une institutionnalisation spécifique à ce type d'entreprises. Le système managérial est ainsi soumis à un système économique. Il est difficile d'observer l'impact direct du système économique sur le système managérial, donc même si on essaiera de le décrire et de discuter des liens entre système économique et système managérial, on ne formulera pas d'hypothèse directe sur les liens qu'il peut y avoir entre ces deux systèmes.

L'organisation du système de R&D dans le secteur aéronautique sera détaillée dans le chapitre 7.

L'avion vert comme éco-innovation

On peut considérer que l'avion vert représente une forme d'éco-innovation, puisqu'il s'agit d'innovations orientées dans un but d'amélioration d'un objet technique en vue de le rendre meilleur selon des contraintes environnementales. Visant un objectif environnemental, que l'on peut assimiler à une valeur ou à une vision du monde, on peut considérer que la poursuite de l'avion vert relève en partie du système sociopolitique.

Le système de R&D à l'origine de l'avion vert

Dans le cadre de développements technologiques, les personnes sont organisées autour de projets de R&D visant à l'atteinte d'un développement de connaissances techniques pour concevoir et produire un « objet technique » qui sera le produit vendu par l'entreprise. Dans cette recherche, on s'intéresse à la production de l'avion vert, ou à ses sous-parties (par exemple un moteur consommant moins d'essence, un contrôleur optimisant les trajets, une aile plus légère, etc.). On observera donc dans quelle mesure l'organisation de la R&D vise à atteindre cet objectif de conception de l'objet technique « avion vert ». On peut en effet poser

la question de la réelle volonté des entreprises aéronautiques à effectuer des projets de R&D autour de la question de l'avion vert. Ne s'agirait-il pas que d'un discours visant à obtenir des subventions, à améliorer l'image de l'industrie ? Sur cette base, on formulera l'hypothèse suivante :

H3 - Le système de R&D contribue à concevoir l'éco-innovation / avion vert et influence l'avancement de celui-ci.

L'influence de l'avion vert sur le système de R&D

On peut se poser la question de l'influence réciproque, que peut avoir l'avion vert sur le système de R&D.

L'avancée de l'avion vert comme nouveau concept et comme nouvel objet amène-t-elle à des modifications du système de R&D ? La conceptualisation, la conception, la production, l'étude de projet s'inscrivant dans le programme de l'avion vert sont potentiellement en mesure d'influencer les objectifs poursuivis par le système de R&D, mais également son mode d'organisation. Par exemple, et c'est la question centrale posée en introduction qui a donné lieu à la problématique étudiée, le développement d'éco-innovation comme l'avion vert a-t-il un impact sur le niveau des collaborations, et sur leur degré ? On cherchera dans les résultats à trouver une réponse à l'hypothèse suivante :

H4 - L'éco-innovation / avion vert modifie le fonctionnement du système de R&D.

L'influence de l'avion vert sur les individus

Parallèlement au système de R&D, l'importance de l'avion vert au sein de l'industrie, mais également les travaux menés sur lui sont en mesure d'orienter directement l'articulation des savoirs des individus, et l'orientation des nouvelles connaissances qu'ils développent. On l'a vu dans le chapitre 3, tant la forme que le fond sont à prendre en compte, donc aussi bien le

système de R&D que les savoirs des individus. Par exemple, l'avion vert modifie-t-il la capacité d'absorption des individus ? La capacité d'apprentissage (Argyris et Schön, 1978) est-elle modifiée ? On peut en effet supposer que l'avion vert soit susceptible de changer les modes d'apprentissage des individus pour les faire d'une simple boucle (apprentissage concernant les actions) à une double boucle d'apprentissage (apprentissage sur les valeurs). On cherchera donc à déterminer l'influence de l'avion vert sur les individus, et on pose pour cela l'hypothèse H6 :

H6 - L'éco-innovation / avion vert oriente les individus dans l'articulation de leurs savoirs et la création de nouvelles connaissances.

L'influence réciproque du système économique et de l'avion vert

Finalement, on pose la question de l'interaction entre l'avion vert d'une part et d'autre part le système économique. Y a-t-il une influence de l'un sur l'autre, et si oui quelle est-elle ? Les débats sur le développement durable, et l'importance que prend la question de l'économie verte sont-ils la cause directe des recherches menées sur l'avion vert ? L'importance de l'environnement et sa prise en considération au sein du système économique est dans l'air du temps, mais au-delà du discours, y a-t-il un impact réel, et si oui, quel est-il ? On cherchera à répondre à cette question à travers l'hypothèse suivante :

H7 - Le système économique influence l'éco-innovation / avion vert.

En retour, l'éco-innovation « avion vert » influence-t-elle le fonctionnement du système économique ? L'efficacité que l'on peut supposer des éco-innovations est-elle en mesure de changer les représentations et les pratiques pour modifier la culture et la structure du système économique ? À travers l'hypothèse H8, on supposera un effet, que l'on cherchera à déterminer dans les résultats.

H8 - L'avion vert modifie le fonctionnement du système économique.

La description de l'avion vert sera détaillée dans le chapitre 6.

On a donc présenté les connaissances – tacites et explicites – embarquées dans des individus, soumis à un système de R&D, sous l'emprise d'un système managérial lui-même influencé par le système économique. Ces différents systèmes en imbrication sont en interactions supposées les uns avec les autres, ainsi qu'avec l'éco-innovation avion vert. On représente sur la Figure I.1 l'imbrication et l'articulation théorique proposée comme cadre d'analyse et les différentes hypothèses formulées schématisées sous la forme de flèches.

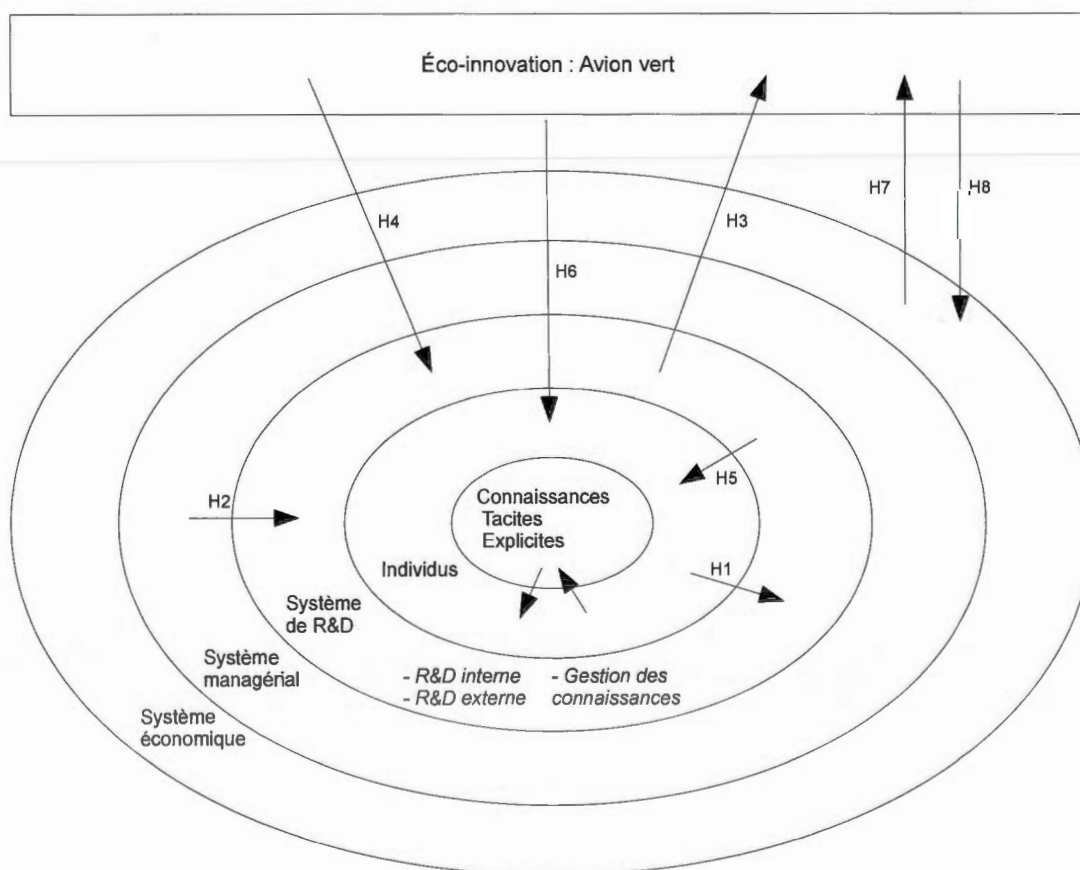


Figure I.1 - Cadre d'analyse

PARTIE II

CHAPITRE 5

MÉTHODE

« Toutes choses étant causées et causantes, ... et toutes s'entraînant par un lien naturel et insensible, qui lie les plus éloignées et les plus différentes, je tiens impossible de connaître les parties sans connaître le tout, non plus que de connaître le tout sans connaître particulièrement les parties », Pascal
« L'économiste doit être mathématicien, historien, politicien et philosophe. Il doit aborder simultanément l'abstraction et la réalité et étudier le présent à la lumière du passé en vue de l'avenir sans qu'aucun aspect de la nature des institutions ne lui échappe », Keynes, Théorie générale de l'emploi, de l'intérêt et de la monnaie, chapitre 24, 1936.

Le présent chapitre a pour objectif de décrire la méthode suivie pour la recherche, ainsi que les critères guidant à son élaboration. La qualité première d'une bonne recherche est l'adéquation entre les trois pôles que constituent le cadre d'analyse, le terrain de recherche et la méthode choisie pour répondre à la problématique formée par l'objet de recherche (voir la Figure 5.1).

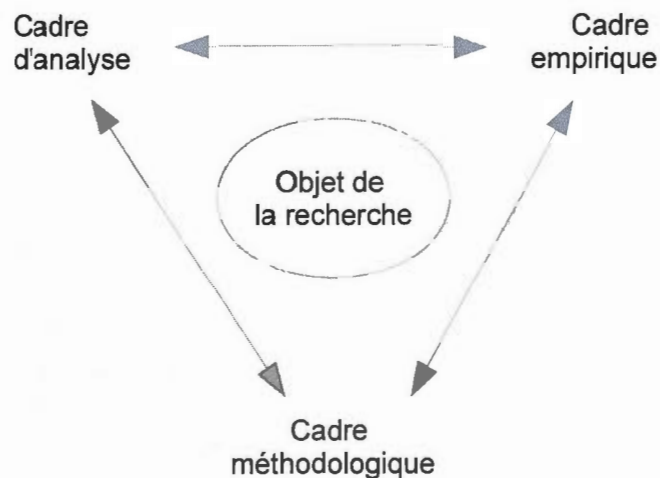


Figure 5.1 - Équilibre de la recherche

L'objet de recherche a été précédemment présenté, ainsi que le cadre d'analyse développé pour répondre à cette problématique (voir la conclusion de la partie I). Le chapitre 4 détaille

le terrain de recherche, à savoir la grappe aéronautique québécoise. Le présent chapitre, précise la méthode de recherche, c'est-à-dire les méthodes mises en place visant à répondre à la problématique posée, étant donné le cadre empirique.

Pour ce faire la section 5.1 de ce chapitre présente l'approche générale, puis la section 5.2 décrira plus précisément les méthodes et outils utilisés, les concepts de validité, ainsi que les considérations éthiques. La dernière section 5.3 détaille sous une forme agrégée le profil des répondants.

5.1. Considérations épistémologiques et approche de la recherche

La recherche porte sur un objet peu défini, l'*avion vert* prenant forme au sein d'un espace lui-même peu défini un ensemble d'entreprises et d'organisations travaillant en et en dehors des frontières définies de l'organisation.

La distinction entre nature et société c'est-à-dire entre le monde des choses et le monde des hommes, naissant d'un double mouvement scientifique d'un côté, politique de l'autre est caractéristique de la modernité (Latour, 1997). En se construisant un tel projet utopique de séparation nature — société, l'homme s'interdit de penser les hybrides – créatures des réseaux –, les quasi-objets ou quasi-sujets, à mi-chemin entre ces deux catégories. Or, c'est l'interdiction de penser ces objets, le refus de les voir, qui permet leur éclosion : « Loin d'avoir éliminé le travail de médiation, elle en permet l'accroissement [...] moins les modernes se pensent mélangés et plus ils mélangent. Plus la science est absolument pure, plus elle est intimement liée à la fabrique de la société » (Latour, 1997, p. 63). C'est en pensant les choses comme asymétriques que se construit une vision erronée de leur véritable nature. En n'ayant pas une épistémologie du réseau, tous les phénomènes pourtant liés paraissent incompréhensibles, car semblent déconnectés entre eux, ou sont analysés séparément.

À l'opposé du travail de purification visant à classer les hybrides entre les deux pôles nature/société, la médiation proposée par Latour vise le mouvement inverse, les ramenant au cœur de cette séparation artificielle. En effet, objet et sujet sont reliés dans un réseau, le sujet

faisant l'objet comme l'objet, le sujet. L'objet n'est pas qu'objet, puisqu'à travers son travail, l'homme l'a informé, l'a façonné. La science n'est pas la discipline froide qu'elle paraît être, mais est bien un lieu de débat, de discussion, éminemment subjectif. Alors que telle que se conçoit la science dans sa représentation dominante, « n'est scientifique que ce qui rompt pour toujours avec l'idéologie », Latour rétorque qu'« en suivant un tel principe, il est difficile en effet de suivre les quasi-objets dans leurs tenants et aboutissant [...] toutes leurs racines seront arrachées. Il ne restera plus que l'objet excisé de tout le réseau qui lui donnait sens » (Latour, 1997, p. 126). En cela, Latour rejoint la critique déjà formulée par Gusdorf de l'hyperspécialisation empêchant de comprendre, d'appréhender le monde comme un tout unifié et créateur de sens (Gusdorf, 1966, p. 7).

Ainsi, à travers son parcours asymétrique, le moderne se voit, se sent fondamentalement différent du pré-moderne. L'introduction du principe de symétrie généralisée visant à rétablir l'équilibre entre nature et société aboutit à la conclusion qu'il s'agit d'un biais – que l'on qualifiera de cognitif – dû aux hypothèses erronées de la représentation moderne. Ce qui caractérise les modernes, c'est qu'ils « ont simplement inventé les réseaux longs par enrôlement d'un certain type de non-humains » (Latour, 1997, p. 158), il s'agit d'« une topologie nouvelle qui permet d'aller presque partout sans pour autant occuper plus que d'étroites lignes de forces » (Latour, 1997, p. 163). Dans une topologie en réseau, l'importance des intermédiaires est renforcée, alors qu'elle était niée dans la vision idéale moderne. Ce qui est important, ce sont les liens des entités entre elles, que ces entités soient des humains, des objets, des institutions, et que ces liens soient de l'amour, de l'amitié, de l'intérêt (Hirschman, 1977), du don (Godbout, 1998), de la confiance (Giddens, 1994) ou du risque (Beck, 2001). « Le réseau apparaît aussi comme figure centrale de la mondialisation pour combler le vide social en recréant un lien » (Pesqueux, 2002, p. 218).

En prenant en considération les réseaux longs, ou encore le travail officieux de la médiation, que celle-ci se fasse par des acteurs ou des actants, Latour veut proposer une nouvelle conception du monde abolissant la distinction nature – société.

Cette distinction est un pas fondamental à faire pour mieux comprendre le monde contemporain, car elle intègre, réconcilie nature et société au sein des réseaux. Ils sont bien déterminants pour caractériser les relations entre individus et objets, entre acteurs et actants. Ces réseaux, pour être étudiés, décortiqués nécessitent de recourir à l'interdisciplinarité pour comprendre les relations entre les différents nœuds. Suivant Castells, on dira que « nous sommes entrés dans un monde véritablement multiculturel et interdépendant, qui ne peut être compris et transformé qu'à partir d'une perspective plurielle unissant l'identité culturelle, la mise en réseau globale et des politiques multidimensionnelles » (Castells, 1998, p. 51). La connaissance et l'objet technique prenant naissance dans un réseau de connaissances et de lien complexe, c'est là qu'il faut le suivre.

Si la conception latourienne est très intéressante, il manque encore un élément central n'ayant été que peu pris en considération. L'individu est jusqu'à maintenant relayé en arrière-plan³⁷ : « l'humain est dans la délégation même, dans la passe, dans l'envoi, dans l'échange continu des formes. Bien sûr qu'il n'est pas une chose, mais les choses non plus ne sont pas des choses » (Latour, 1997, p. 189). Bien qu'une distinction sémantique soit faite entre acteur humain et actant non-humain, l'objet devient chez Latour le quasi égal de l'homme.

S'il est vrai qu'en prenant les réseaux comme centre d'étude, les relations entre objets, sujets, hybrides sont importantes à distinguer, la généralisation de la chose est à déplorer. Car il y a danger à ne pas voir la sur-technicisation des machines : « comment [l'homme] serait-il menacé par les machines? Il les a faites, il s'est envoyé en elle, il a réparti dans leurs membres ses membres mêmes, il construit son propre corps avec elles » (Latour, 1997, p. 188). Latour revient d'ailleurs sur cette conception par la suite de ses travaux (Latour, 2012). Car dans un contexte de modernité réflexive (Giddens, 1994), l'objet peut échapper à son créateur, suivant le parcours du professeur Frankenstein, terrassé par sa créature. Le risque d'aliénation de l'homme par sa machine n'est jamais bien loin, dans les cas où le pas n'est pas déjà franchi – qu'il s'agisse de machine technique ou machine sociale, comme par exemple le système économique. Cela s'explique d'autant plus que ce n'est pas parce qu'il la conçoit que

³⁷ Latour va jusqu'à critiquer les droits de l'homme qui contribuent au partage nature/société.

l'Homme à une représentation absolue de sa création. Celle-ci le dépasse toujours, notamment de par sa rationalité limitée (Simon, 1955).

Finalement, au fur et à mesure de la progression de la notion de réseau les sociétés occidentales « se structurent de plus en plus autour d'une opposition bipolaire entre le réseau et le soi » (Castells, 1998, p. 26), c'est-à-dire entre la fonction et la signification. Les réseaux ont pour Barglow ce double effet qu'ils augmentent le pouvoir humain d'organisation et d'intégration, et subvertissent le sujet autonome et indépendant (Castells, 1998). Ils augmentent la force de l'Homme au détriment de celle de l'homme. Il s'agit en quelque sorte d'une contre-révolution moderne, au détriment et non au nom de la liberté de l'individu. La notion de réseau touche les bases mêmes de l'individu, dans toutes les sociétés individualistes et holistes, modifiant le rapport entre individu et société, le rapport identitaire se construisant dans le réseau, d'où la sortie de ces deux voies. Cela n'est pas contradictoire, car le concept de réseau repose sur des bases cybernétiques, visant à expliquer les choses en dehors d'elles-mêmes, par leurs interactions. Ce faisant, en prenant le réseau comme métaphore, comme base de l'analyse et de compréhension du monde, on se ferme les portes de l'individu, ses pulsions internes, ses volontés et raisons propres. En fait, en prenant le réseau tel quel comme base de l'analyse, on vide l'homme de son intériorité, « la notion d'intériorité, perçue comme une limite infranchissable de l'intimité assurant l'autonomie du sujet perd du terrain au profit d'une représentation informationnelle de l'individu correspondant à ce que Philippe Breton a nommé "le sujet sans intérieur" » le sujet devenant alors « un être totalement engagé dans un échange communicationnel avec son environnement » (Lafontaine 2003, 204). Ainsi, l'intériorité, centre de l'individu depuis Saint Augustin, redéfini par la psychanalyse comme éminemment subjectif, perd aujourd'hui du terrain avec l'émergence de la cybernétique et de l'importance accrue du réseau, redéfinissant le rapport intériorité-extériorité, car « dépourvu d'intériorité, le sujet cybernétique est un être totalement engagé dans un échange communicationnel avec son environnement » (Lafontaine 2003, 206). En termes de créativité et de connaissances, cela peut conduire à un contre-mouvement, notamment en terme d'innovation lors d'un trop grand recours à l'idéal-type de la forme réseau.

Finalement, avec l'émergence et la prise en importance des neurosciences, l'homme est lui-même caractérisé par un réseau, comme un réseau. Réseau de réseaux, son cerveau ne se définit ni par son poids, ni par sa taille, mais par ses connexions synaptiques. L'être humain est lui-même réseaux, avec le risque de perdre le niveau proprement humain qu'il engendre, de se vider de ce qu'il est : l'expression, le symbole, le sens.

Approche de la recherche

Le choix méthodologique découle du choix de posture épistémologique et de la conception de la connaissance décrit à la section 2.1 du Chapitre 2, la liant à la subjectivité humaine et à son contexte, permettant de saisir le sens que donnent les acteurs à leurs actions.

Cette recherche se positionne dans une démarche interprétativiste reposant sur des postulats épistémologiques constructivistes, c'est-à-dire où l'on postule une construction de la réalité à travers le regard que porte les acteurs sur celle-ci (Berger et Luckmann, 2012), issue du courant philosophique de la phénoménologie, visant à comprendre le vécu des acteurs pour en saisir la subjectivité et par là même le corpus de savoirs et de sens qui y sont attachés (Husserl, 1963).

Dans cette perspective les études métriques et quantitatives permettent de pointer vers des concepts intéressants, à explorer et à comprendre à travers la représentation qu'en portent les acteurs. Ainsi, la recherche de nature qualitative est capable d'expliquer les phénomènes mesurés. Elle représente un domaine que les sciences humaines et sociales, et tout particulièrement celles s'intéressant à la gestion, doivent se réappropriier si elles veulent donner sens, ce qui est essentiel pour que les individus et organisations puissent agir. Plusieurs chercheurs pointent du doigt le besoin d'augmenter le corpus scientifique de telles recherches (voir par exemple Aktouf, 2002; Aktouf, 2008; Mintzberg, 2005).

Aussi, pour comprendre au plus proche du terrain les enjeux et la dynamique, la méthode qualitative, à travers un ensemble d'entrevues avec des acteurs, et une recherche documentaire a été retenue comme méthode d'investigation afin de produire la présente

monographie. Une récente recherche (Serenko et al., 2010) montre que la recherche d'une proximité au terrain permet la remontée de concepts nouveaux dans le champ de la recherche. Dans cette importante métaétude scientométrique portant sur la gestion des connaissances il est fait mention « qu'il y a un grand besoin de descriptions qualitatives et d'études de cas. Il est d'une importance critique que des praticiens envisagent de collaborer avec des universitaires pour des projets de recherches plus riches » (Serenko et al., 2010, p. 1).

5.2. Description de la méthode

5.2.1. La méthode retenue : une stratégie d'accès au réel

Ainsi, la méthode proposée est l'étude qualitative. Elle repose sur des entretiens semi-dirigés et l'analyse de documents pour faire ressortir les résultats et la discussion. La méthode de théorisation ancrée est utilisée pour l'élaboration de ces dernières (Strauss et Corbin, 1990).

Le choix du terrain correspond à la R&D autour de l'avion vert au sein de la grappe aéronautique québécoise, afin de pouvoir les comparer. L'unité d'analyse est la connaissance. C'est donc elle qui sera poursuivie à travers les différents groupes d'individus ayant participé à la création de celle-ci.

L'approche est interprétative et constructiviste, car le porteur de connaissances étant l'individu, c'est celui-ci qu'il faut avant tout comprendre. Mais la connaissance étant amplifiée au sein de son réseau social et humain, il sera nécessaire de la suivre au sein de celui-ci.

Le design de la recherche est représenté sur la Figure 5.2. Elle illustre les nombreuses interactions entre les différentes phases de recherche, et la complexité cachée derrière le processus d'écriture.

Le point de départ théorique correspond à une revue de littérature permettant d'élaborer un cadre d'analyse (voir la Partie I). Ce cadre d'analyse, et la revue de littérature sont sujets à

modifications selon les observations réalisées sur le terrain et lors de l'écriture préliminaire des résultats.

Le point de départ pratique correspond principalement en la participation aux activités (conférences, salons, colloques, congrès, etc.) du secteur aéronautique, permettant d'identifier des acteurs et de recueillir des documents. Ces derniers permettent également d'identifier d'autres acteurs clés³⁸. Les personnes identifiées sont alors contactées à fin d'entrevue semi-dirigée (voir la section 5.2.2.2). Elles sont interrogées selon les considérations d'éthiques (voir la section 5.2.5) à l'aide de la grille d'entrevue réalisée (voir le Tableau 5.3) à partir de la revue de littérature et du modèle théorique, et sont systématiquement questionnées afin d'identifier d'autres acteurs (effet boule de neige). Par ailleurs, plusieurs d'entre eux m'ont donné accès à des documents publics, semi-publics ou privés : documents d'entreprise, journaux d'entreprise, documents d'organismes étatiques ou internationaux du secteur, documentations publiques, documents liés à des projets verts (voir le Tableau 5.1). Par ailleurs, dans un objectif de réflexivité de la recherche permettant la cohérence (Saussois, 2003), un journal de bord a été tenu, dans lequel plusieurs idées, réactions, émotions, interrogations, commentaires sont retranscrits et ont été utilisés lors de la rédaction et de l'analyse.

Tableau 5.1 - Échantillonnage et cueillette de données

<i>Entrevues avec des acteurs de la grappe montréalaise</i>
<i>Collecte d'informations et de documents</i>
<i>Participation à différents salons, colloques, congrès</i>
<i>Journal de bord</i>

À noter qu'outre les documents et les entrevues avec les acteurs, la participation aux événements était également source d'information sur des projets en cours (voir le Tableau 5.2 pour la liste des différents événements).

³⁸ C'est-à-dire de personnes travaillant dans le secteur aéronautique et ayant une bonne connaissance des enjeux reliés à la R&D, à la collaboration et à l'avion vert.

Tableau 5.2 - Participation à des salons, conférences, colloques, congrès

47e Salon international de l'aéronautique et de l'espace de Paris-Le Bourget	2007
1er Forum Innovation Aérospatiale 2007	2007
48e Salon international de l'aéronautique et de l'espace de Paris-Le Bourget	2009
2e Forum Innovation Aérospatiale 2009	2009
La chaîne mondiale d'approvisionnement, Aéro-Montréal, 29 avril	2010
L'OACI à Montréal : Un carrefour mondial de l'aviation, de l'économie et de l'environnement, 23 février.	2010
49e Salon international de l'aéronautique et de l'espace de Paris-Le Bourget	2011
Forum Innovation Aérospatiale 2011 : L'innovation dans une chaîne d'approvisionnement durable	2011
1ère Conférence annuelle GARDN - Voler vert — Concrétisons nos rêves 23 février	2011
Sommet Chaîne Mondiale d'Approvisionnement - Aérospatiale	2012
6e Forum de la recherche du CRIAQ 16-17 mai	2012
Journée GARDN 18 mai	2012
2e Conférence annuelle GARDN - Voler vert — Propulsons-nous dans l'avenir 25 et 26 septembre	2012

À partir des documents et des entrevues, retranscrites sous la forme de *verbatim*, une interprétation est effectuée à partir du cadre d'analyse visant à reconstruire au plus proche du réel les phénomènes étudiés. Cette part interprétative respecte les critères de qualité détaillés plus loin (section 5.2.4). L'interprétation vise à observer un objet qui n'est pas directement observable : la connaissance au sein de la grappe aéronautique associée à l'avion vert, et les mécanismes managériaux mis en place.

L'interprétation a été réalisée à travers la méthode de la théorisation ancrée (voir la section 5.2.3), les données ont été mises en forme par catégorisation, en cherchant à répondre aux différentes hypothèses posées en partie I, puis ont été analysées. Le tout est regroupé sous la forme de la présente monographie.

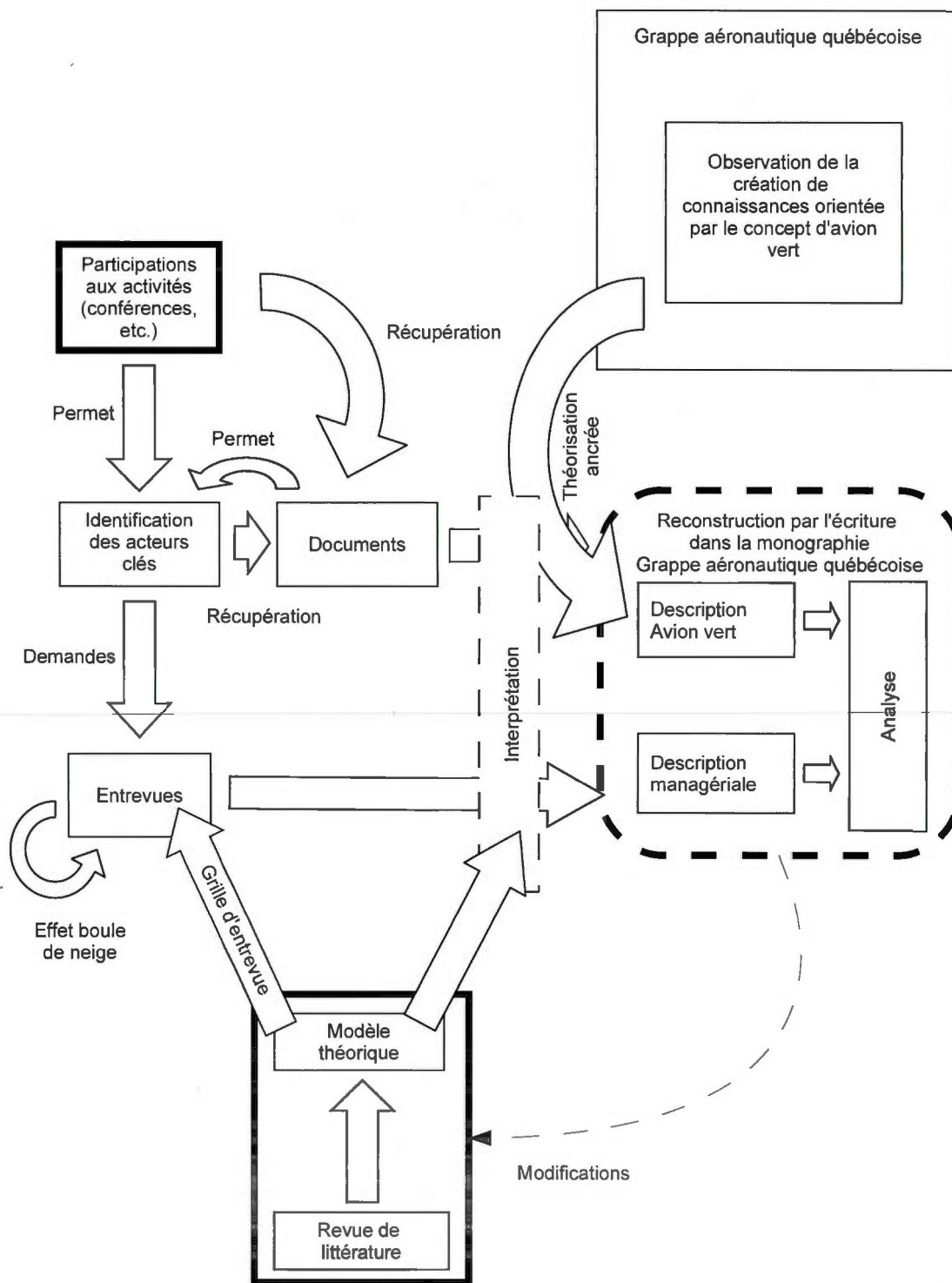


Figure 5.2 - Stratégie de recherche et procédure d'analyse

5.2.2. Une recherche qualitative

La présente recherche en étudiant les phénomènes dans leur environnement naturel vise à faire ressortir l'importance du contexte, et permet d'avoir une grande richesse dans les données afin de décrire et comprendre les phénomènes observés liés à l'action (Hammersley et Gomm, 2000). L'objectif est de permettre une description dense, visant à décrire et comprendre des phénomènes complexes (Geertz, 1998). Il s'agit alors de laisser place à l'interprétation à travers l'herméneutique, et la théorisation ancrée pour comprendre l'objet que représente l'avion vert.

L'analyse de cas n'a pas été retenue pour des raisons conceptuelles et pratiques. L'observation et le terrain étant interorganisationnels, il aurait été nécessaire d'obtenir plusieurs cas spécifiques reliés au concept d'avion vert et de les analyser à travers des entretiens avec plusieurs membres des différentes organisations participantes aux dits projets. Cela aurait augmenté le nombre de participants à l'étude et donc la durée de la recherche et les moyens à mettre en œuvre. Cela aurait également entraîné trois difficultés : 1) la distinction entre ce qui est spécifique au projet, relié au type de R&D, et la nature environnementale reliée à la dimension de l'avion vert (surmontable en multipliant les cas, mais au détriment de la durée de la recherche) ; 2) le recrutement – déjà difficile – aurait été rendu encore plus compliqué par l'ajout de la contrainte de suivi de cas spécifiques. 3) Enfin, plusieurs acteurs interrogés, acteurs de la grappe aéronautique en ce qui concerne l'avion vert auraient pu ne pas être identifiés et interrogés par manque d'implication directe dans un projet, leurs contributions étant plutôt d'ordre structurel (par exemple, les consortiums de recherche).

En s'inspirant des travaux de Yin (2003) sur les cas, on peut décrire cette recherche empirique 1) comme traitant de phénomènes contemporains, dans leur contexte ; 2) dont les frontières entre phénomène et contexte sont floues ; 3) comportant beaucoup de variables et d'éléments pertinents ; 4) s'appuyant sur un grand nombre de preuves permettant une triangulation ; 5) orienté par un cadre d'analyse.

5.2.2.1. Entrevues semi-dirigées

La principale source de données de cette recherche correspond à des entrevues semi-dirigées, conduites selon la grille d'entrevue développée (voir le Tableau 5.3) construite à partir de la revue de littérature réalisée, du cadre d'analyse conçu et de la connaissance du cadre empirique. Elle porte sur quatre grands thèmes : 1) le fonctionnement de l'organisation et du système de R&D, permettant de comprendre le contexte institutionnel et la vision du futur et son opérationnalisation. 2) La gestion des connaissances, les pratiques associées, la place de celle-ci. 3) La vision et les pratiques reliées à l'avion vert, aux différents projets verts mis en place et aux connaissances produites. 4) les pratiques de collaboration au sein du système de R&D, les liens avec la gestion des connaissances et l'avion vert.

Les entrevues ont été effectuées avec des acteurs du système de R&D de la grappe aéronautique québécoise, ingénieurs, directeurs, dirigeants, responsable de consortiums, etc. (voir la section 5.3 pour plus de détails).

Lors des entrevues, une grille d'entrevue a été réalisée sous la forme d'un questionnaire (voir le Tableau 5.3). L'usage de ce questionnaire a servi de guide flexible en s'adaptant au contexte particulier de la rencontre. Selon le rôle des acteurs interrogés, certaines questions n'ont pas été posées ou au contraire approfondies étant données les réponses apportées et l'expérience liées aux questions. Des détails et demandes d'illustrations ont été souvent demandés en complément des réponses afin d'ancrer les réponses dans des faits. Une relative liberté a été laissée aux acteurs afin de leur permettre d'effectuer des associations d'idées, tout en les ramenant au sujet lorsqu'ils s'en écartaient trop. La rencontre commençait systématiquement par une brève explication des objectifs de la recherche, une explication des critères de confidentialité (voir la section 5.2.5).

Tableau 5.3 - Grille d'entrevue

Organisation	
<i>Introduction - contexte</i>	
1	Pouvez-vous brièvement décrire votre contexte et environnement de travail (organisation, projets, environnement de travail) ?
2	Quel est votre rôle actuel dans votre organisation (animation, coordination, direction, etc.) ?
<i>Vision du futur - opérationnalisation</i>	
3	Quels sont les objectifs mis de l'avant par l'organisation ?
4	Quelle est la vision de l'avenir à court, moyen, long terme de votre organisation du secteur aéronautique ? Prête-t-elle à controverse ? Est-elle largement partagée, et dans quelle mesure ?
5	Votre propre vision est-elle identique ? Différente ?
6	L'avion vert fait-il partie de ces visions ?
7	Dans quelle mesure votre travail s'inscrit-il dans cette vision ?
<i>Pratiques de travail - méthodes de management</i>	
8	Quelles méthodes (formelles / informelles) de management sont utilisées dans votre projet / organisation ?
9	Comment qualifieriez-vous l'ambiance de travail, le partage d'information, dans votre organisation ? Au sein de votre équipe / projet / département ?
10	Selon vous, les méthodes et l'ambiance de travail permettent-elles de faciliter/complexifier la transmission de connaissances ? La création de connaissances ?
11	Ces pratiques sont-elles favorables/défavorables à la conception d'un avion vert ?
<i>Management des connaissances</i>	
12	L'entreprise a-t-elle mis en place des systèmes de partage d'information et de transfert de connaissances entre collègues (système d'information, intranet, programme de rencontre-formation continue...) ? Lesquels ? (stockage et communication de la connaissance). Comment les évaluez-vous ?
13	Actualisez-vous et vos collègues souvent vos connaissances ? Comment ? Participez-vous à des salons ? Des cycles de formation continue ? L'entreprise vous y encourage-t-elle ? Vous facilite-t-elle les choses ? Comment estimez-vous la qualité des moyens d'actualisation des connaissances que vous utilisez ?
14	Selon vous, ces différentes pratiques permettent-elles de faciliter/complexifier la transmission de connaissances ? La création de connaissances ?
15	Avez-vous du modifier des pratiques de travail / méthodes de management pour produire / transmettre ces nouvelles connaissances ?
16	Ces pratiques sont-elles favorables/défavorables à la conception d'un avion vert ?
<i>Avion vert</i>	
17	Pour vous, qu'est-ce que l'avion vert ? Quelles dimensions sont importantes pour qu'un avion soit qualifié de vert ?
18	Dans quelle mesure votre organisation / département / projet contribue-t-il à la réalisation d'un avion vert ?
19	D'où vient l'intérêt de votre organisation à l'avion vert ?
20	Cet intérêt est-il partagé par les membres de l'organisation ? Dans quelle mesure ?
21	Quel est l'historique de l'avion vert au sein de votre organisation / projet / département ?
22	D'où viennent les projets verts ? Comment ont-ils été initiés ?
23	Comment ces projets sont-ils perçus ?
<i>Projet vert</i>	
24	Pouvez-vous me décrire un/plusieurs projets reliés à la conception d'un avion vert ?
25	À quels problèmes techniques et managériaux avez-vous été confrontés lors de ces projets ?

26	Ces projets font-ils l'objet de consensus ? Dans quelle mesure ?
27	Quelles sont les controverses liées aux projets verts ?
28	Selon vous, travailler sur un projet « vert » modifie-t-il les pratiques de travail ?
<i>Connaissances produites</i>	
29	Quelles connaissances maîtrisez-vous aujourd'hui lié à la conception de l'avion vert ? Quelles sont les connaissances nécessaires ?
30	Quelles connaissances avez-vous dû développer spécifiquement pour ces projets verts ?
31	Pouvez-vous décrire le cycle ayant mené à ces nouvelles connaissances ?
32	Qualifieriez-vous ces projets de plus complexes en termes de connaissances ?
33	Quels objectifs en termes de connaissances liées à l'avion vert visez-vous dans le futur ? Sur quelle base avez-vous établi ces connaissances-là ?
34	Selon vous, les types de connaissances produites dans des projets verts sont-ils de même nature / différents des connaissances produites dans des projets non verts ?
35	Comment évalueriez-vous la production de connaissances liée à des projets verts vs des projets « non verts » ?
36	Selon vous, travailler sur un projet « vert » modifie-t-il le type de connaissance produite ? Le processus de production de ces connaissances ?
<i>Pratiques de collaboration</i>	
37	Quelles sont les origines des pratiques collaboratives dans votre organisation ? Dans votre équipe ?
38	Comment s'initient les collaborations ?
39	Comment qualifieriez-vous les pratiques de collaboration de votre organisation ?
40	Comment qualifieriez-vous les pratiques de collaboration de votre équipe de travail ?
41	L'organisation favorise / défavorise-t-elle les pratiques collaboratives ? Fait-elle preuve de « schizophrénie » ?
42	Ces collaborations ont-elles un lien avec la production de connaissances ? Les favorisent / défavorisent-elles ?
43	Dans quelle mesure allez-vous chercher ces connaissances ailleurs ? Pour les amener ici ? Pour les laisser ailleurs ? Pourquoi ne pas rapatrier ces connaissances-là ?
44	Ces collaborations ont-elles un lien avec la nature « verte » du projet ?
45	Selon vous, un projet vert favorise/défavorise-t-il les pratiques de collaboration ? Pourquoi ?

Une fois les entrevues réalisées, lorsque celles-ci ont pu être enregistrées, elles ont été retranscrites sous forme de *verbatim* pour être travaillées à travers la théorisation ancrée (voir la section 5.2.3). Lorsque les personnes interrogées ont refusé l'enregistrement, une prise de note intensive a été effectuée afin de recueillir le maximum de détails. Puis un travail dans les heures suivant l'entrevue a été réalisé afin de mettre en forme ces notes. Quand cela était possible et pertinent, les propos de ces personnes ont été intégrés, sous la forme de *verbatim*.

5.2.2.2. Analyse de documents

En parallèle avec les entrevues, plusieurs dizaines de documents divers (rapports, cartes routières, plans d'action, présentations, sites web, documents informatiques, journaux internes, etc.) ont été recueillis et analysés pour valider les données recueillies lors des entrevues, et dans certains cas, les compléter.

5.2.3. Résultats et analyse : La théorisation ancrée

La théorisation ancrée est avant tout une démarche de théorisation, c'est-à-dire une démarche visant à dégager le sens d'événements, à lier dans un schéma explicatif divers éléments d'une situation, à renouveler la compréhension d'un phénomène en le mettant différemment en lumière. Plus que le résultat, c'est le processus qui est important. Le résultat de cette théorie doit être solidement ancré dans les données empiriques recueillies (Glaser et Strauss, 1967; Strauss et Corbin, 1990).

À la différence des théories traditionnelles, d'abord créées, ensuite vérifiées (validées), la plupart par des chercheurs différents et dans des conditions différentes, une théorie ancrée est construite et validée simultanément par la comparaison constante entre la réalité observée et l'analyse émergente. « Il s'agit d'une démarche itérative de théorisation progressive d'un phénomène » (Paillé, 1994, p. 151).

Paillé (1994) propose la démarche suivante : 1) la codification initiale ; 2) le passage de la codification à la catégorisation ; 3) la catégorisation ; 4) la construction et la consolidation des catégories ; 5) la mise en relation ; 6) l'intégration ; 7) la modélisation ; 8) la théorisation.

Ce processus n'est pas un processus linéaire, il s'inscrit dans sa proximité avec le corpus, et ne s'effectue pas selon les étapes 1 à 8 séquentiellement, mais plus à travers un ensemble d'itérations et de raffinements successifs.

En s'inspirant de l'essence de la théorisation ancrée décrite par Glaser et Strauss (1967) et Strauss et Corbin (1990) et de la démarche proposée par Paillé (1994), les données ont été analysées en parallèle avec la collecte de données et dans sa continuité. La codification initiale a été réalisée à partir du cadre d'analyse proposé en conclusion de la partie I. Les verbatims, notes et documents ont ensuite été codifiés en fonction de cette codification initiale et d'autres éléments qui se sont révélés être pertinents par rapport à la problématique de recherche. Ce travail a été effectué lors de lectures et relectures successives et approfondies des verbatims, notes ou documents. La catégorisation s'est faite par rapprochement des codes proches et des extraits de verbatims les liants systématiquement. À travers ce regroupement de code, puis de catégories, une architecture de codes, catégories, et catégories de catégories a été réalisé permettant de construire et consolider ces dernières et les mettre en relation. Ce travail a permis la rédaction des deux chapitres de résultats (Chapitre 6 et Chapitre 7) et dans certains cas de théoriser certains éléments au sein même de ces chapitres. Puis, le Chapitre 8 d'analyse et discussion a été construit en prenant du recul sur les chapitres de résultats, en modélisant et théorisant ces derniers.

Plutôt que d'utiliser des logiciels traditionnels de catégorisation et de théorisation ancrée, ce processus a été réalisé au sein du logiciel *Scrivener*, logiciel permettant l'usage de mots-clés, de structuration de données, de modification de cette structuration, et de recherche à l'aide d'un puissant moteur de recherche. Ce choix s'est révélé particulièrement adapté à ce type de procédés, permettant l'usage de codes et de catégories, la mise en relation et l'intégration puis l'écriture du chapitre de résultats sur la base de la structure utilisée et des extraits de verbatims.

5.2.4. Critères de qualité

Il est difficile d'établir des critères de qualité pour une étude qualitative, puisque — par définition — toujours reliée au contexte. Comme le reconnaissent Lincoln et Guba (1979), la seule généralisation est qu'il n'y a pas de généralisation. On peut toutefois parler de généralisation naturaliste (Stake, 1978), c'est-à-dire de la généralisation émergeant chez l'individu prenant connaissance des résultats et de l'analyse. C'est à travers ces mécanismes

cognitifs que cette personne produit elle-même de la généralisation. Par ailleurs, la qualité d'une étude qualitative relève principalement du choix du terrain et de la qualité du travail de description effectuée par le chercheur (Latour, 2004). La validation des données s'est faite par triangulation de données et méthodologique (Denzin cité par Patton, 2002, p. 47). Une autre source de validation est le *débriefing* par les pairs, suggéré par Lincoln et Guba (1985), ce qui a été fait avec quelques acteurs dans la mesure de leur temps disponible et des délais serrés. Enfin, dans un objectif de réflexivité de la recherche, un journal de bord a été tenu, dans lequel plusieurs idées, réactions, émotions, commentaires ont été retranscrits.

L'un des critères importants dans une recherche qualitative utilisant la théorisation ancrée est la redondance des données : quand de nouvelles entrevues n'apportent plus ou que peu de nouvelles informations théoriques, c'est que le point de saturation des données est atteint, rendant le recours à de nouvelles entrevues moins — voire plus utile. Par ailleurs, le choix des acteurs a été confirmé par le fait que le nom de plusieurs d'entre eux est revenu par différents canaux (documents, conférences, effet boule de neige).

L'approche par théorisation ancrée bénéficie du fait d'avoir une analyse en profondeur, reposant de manière importante sur les faits. Lincoln et Guba (1985) montrent que la fidélité d'une recherche requiert quatre critères : 1) de vraies valeurs, 2) de l'applicabilité, 3) de la consistance et 4) de la neutralité. Cela se traduit — avec une approche réaliste — par 1) la validité interne, 2) la validité externe, 3) la fiabilité, et 4) la neutralité. Dans le cadre d'une démarche interprétative et herméneutique, il importe plutôt 1) d'être crédible, 2) d'avoir une construction transférable, 3) une certaine dépendabilité, et 4) une confirmabilité.

Pour ce faire, les chapitres de résultats (chapitres 6 et 7) font un usage particulièrement important des données brutes, à savoir des extraits de *verbatim* (éventuellement, modifier pour satisfaire les critères d'éthique tout en en gardant le sens, cf. section 5.2.5), afin de demeurer au plus proche des paroles des acteurs.

5.2.5. Confidentialité et considérations éthiques

Toutes les recherches universitaires sont soumises à des considérations éthiques en vue de protéger les individus et les organisations interrogées. Le secteur aéronautique dispose d'un niveau élevé de confidentialité spécifique à celui-ci, tant pour des raisons culturelles, économiques ou militaires. Comme le précisait un des acteurs :

Le domaine aéronautique, c'est dans le top confidentiel à chaque fois, l'approche qu'il faut utiliser et il faut vraiment porter attention à ce qu'on fait dans le domaine aéronautique parce qu'on ne veut pas perdre la confiance des compagnies avec qui on travaille.

Obtenir la confiance des acteurs a parfois été un défi demandant temps et énergie, et les mesures de protection prises dans cette thèse visent à la conserver. Par ailleurs, dans le but de satisfaire aux critères d'éthiques de la recherche, voici les mesures qui ont été prises :

- 1) l'obtention d'un certificat d'achèvement à *l'énoncé de politique des trois conseils : éthique de la recherche avec des êtres humains* du groupe consultatif interagences en éthique de la recherche.
- 2) La validation de la *demande d'approbation éthique d'un projet de recherche d'étudiant de cycle supérieur portant sur l'humain* de l'UQAM.
- 3) Lors des entrevues, des demandes de consentement des personnes interviewées sont présentées (cf. Annexe). La demande pour l'enregistrement est par ailleurs précisée sur le document et à l'oral en début d'entretien, ainsi que la possibilité de mettre fin à l'entrevue ou à l'enregistrement à tout moment. Le formulaire de confidentialité est présenté.
- 4) Afin de rendre les situations, les personnes et les organisations non identifiables, les noms des personnes ne sont pas présentés, et les noms des entreprises sont modifiés, sauf autorisation contraire. Aucune référence directe n'est faite à quelque dirigeant, gestionnaire ou organisation que ce soit afin de conserver l'anonymat des participants.
- 5) Le rapport avec les répondants est un rapport purement professionnel de type chercheur universitaire / professionnel en entreprise ou organisme. Par ailleurs, cette recherche est exempte de risques pour les gestionnaires et les entreprises impliquées qui conservent dans tous les cas l'anonymat. Ils ont l'entière liberté de refuser leur participation au projet, de se désister du projet en tout temps, voire de critiquer les résultats s'ils sont en désaccord.
- 6) Pour assurer l'anonymat, les informations obtenues lors des entrevues seront retranscrites selon un gabarit défini. Les documents seront soigneusement archivés dans des classeurs numériques sécurisés avec clés de cryptage fortes,

à l'aide du logiciel libre *Truecrypt*, le tout sur un disque dur également crypté. Les éventuelles impressions ont toutes été détruites afin de rendre illisible leur contenu. Seules les personnes ayant cosigné l'entente de confidentialité y auront accès. Une attention spécifique est portée à l'anonymisation des *verbatim* pour rendre inidentifiable les noms des entreprises et des interlocuteurs de façon à ce qu'ils ne puissent être identifiés dans les analyses et dans la présente monographie. À cette fin, les propos des personnes interrogées sont systématiquement présentés au masculin et en français. Enfin, 7) concernant la documentation papier sur les entreprises, elle est centralisée dans le bureau du chercheur dans des classeurs fermés à clé.

5.3. Données agrégées sur les acteurs interrogés

Cette recherche se base sur des entrevues semi-dirigées de 29 personnes, d'une longueur de quarante-cinq minutes à deux heures trente avec un temps moyen. Le nombre de personnes interviewées se justifie par deux facteurs : 1) d'abord la difficulté à obtenir des entrevues avec les hauts responsables liés à la conception de l'avion vert dans l'industrie. Même s'il a été possible d'obtenir des rendez-vous avec la plupart des acteurs importants, cela a demandé un important travail afin d'établir un lien de confiance. 2) Les entrevues étaient pour la plupart particulièrement riches et denses, et lors des dernières entrevues, la saturation de données était atteinte (cf. section 5.2.4), ce qui a entraîné la prise de décision de l'arrêt de la collecte des données. Les acteurs ont été choisis selon leur grande connaissance du secteur et de sa R&D, leur implication dans la grappe aéronautique, leur implication sur les questions touchant à l'avion vert ainsi que leur reconnaissance par leurs pairs. De nombreux acteurs majeurs au niveau de la grappe font partie de ces acteurs interrogés. Certains d'entre eux occupent des postes stratégiques dans leurs entreprises au niveau de la R&D ou font partie des « architectes » de la grappe québécoise aéronautique. Afin de confronter les regards, plusieurs acteurs impliqués, mais avec une expérience moindre ou une reconnaissance moindre ont également été interrogés (voir plus bas sur la répartition des acteurs selon leur expérience). Le taux de refus pour les entrevues ou l'absence de réponse était supérieur à 50% sur des personnes sélectionnées ou recommandées, ce qui est causé par la culture du secteur. La durée nécessaire à la planification d'une rencontre s'est échelonnée de quelques

jours à plus de six mois. Par ailleurs, plusieurs acteurs ont également refusé d'être enregistrés. Dans ce cas, des notes importantes ont été prises, et une reconstruction des parties les plus intéressantes a été réalisée dans les heures suivant l'entrevue. Les *verbatim* représentent l'équivalent de 870 pages de texte.

Plus de la moitié des acteurs interrogés travaillent au sein d'une entreprise du secteur. Étant donnée l'importance des consortiums de recherche, il s'agit de la seconde catégorie avec 6 acteurs interrogés. D'autres acteurs appartenant à des centres de recherche, université, des entreprises de conseil dans le secteur et des organisations internationales ont également été interrogés (voir le Tableau 5.4 et la Figure 5.3).

Tableau 5.4 - Type d'organisation des acteurs interrogés

Type d'organisation	
Entreprise	16
Consortium de recherche	6
Centre de recherche / université	3
Services de conseil reliés au secteur	2
Organisations internationales	2

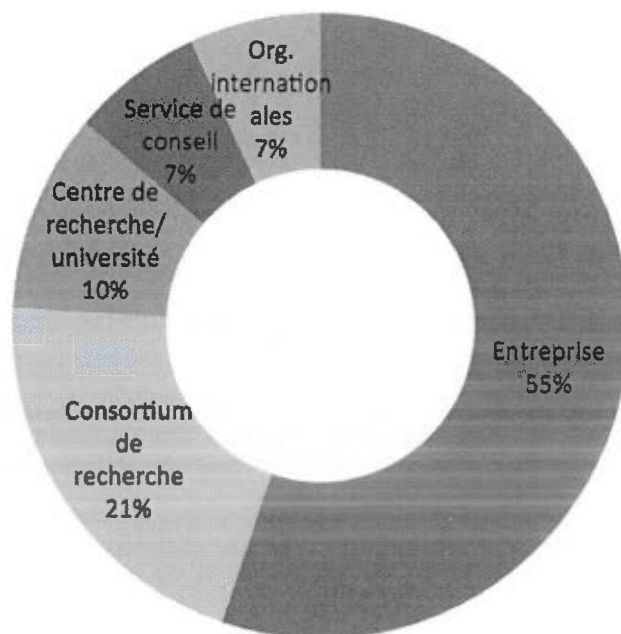


Figure 5.3 - Type d'organisation des acteurs interrogés

Sur les 16 personnes travaillant en entreprise, environ les 2/3 travaillaient pour un maître d'œuvre. Les personnes interrogées se répartissent sur 3 d'entre eux. Des acteurs travaillant pour des équipementiers ou des sous-traitants ont également été interrogés (voir le Tableau 5.5 et la Figure 5.4).

Tableau 5.5 - Type d'entreprises dans lesquelles travaillent les acteurs rencontrés

Type d'entreprises	
Maîtres d'œuvre	10
Équipementiers / intégrateurs	3
Sous-traitants	3

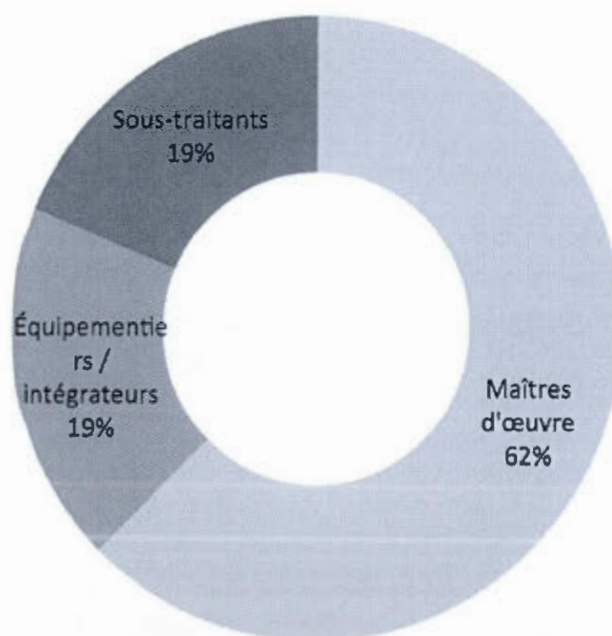


Figure 5.4 - Type d'entreprises dans lesquelles travaillent les acteurs rencontrés

Il pouvait être difficile d'établir une catégorisation, car si l'on suit le parcours des acteurs, nombre de ceux-ci ont eu l'occasion d'appartenir à plusieurs de ces types d'organisation (voir le Tableau 5.6). Le choix a été fait de catégoriser l'acteur selon la catégorie la plus pertinente, correspondant généralement à son emploi actuel. Par ailleurs, même pour les acteurs n'ayant

travaillé que pour un type d'organisation, plusieurs d'entre eux ont fait partie de plusieurs organisations au sein de cette même catégorie (par exemple 2 entreprises).

Tableau 5.6 - Mouvement entre types d'organisations des acteurs interrogés

Mouvement entre types d'organisations	
1 type d'organisations	18
2 types d'organisations	10
3 types d'organisations	1

Le niveau hiérarchique des acteurs interrogés se répartit entre 31 % de chercheurs, analystes ou d'ingénieurs, 45 % de gestionnaires de projets ou cadres intermédiaires, et 24 % d'acteurs situés à un niveau stratégique de leur organisation (voir Tableau 5.7 et Figure 5.5).

Tableau 5.7 - Niveau hiérarchique

Niveau hiérarchique	
Direction	7
Gestionnaire de projets	13
Analyste / Chercheur / Ingénieur	9

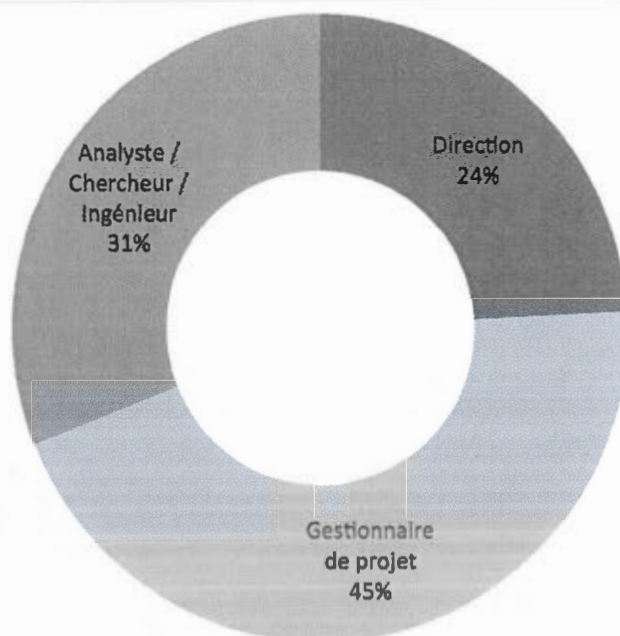


Figure 5.5 - Niveau hiérarchique des acteurs interrogés

Toutes les personnes interrogées possédaient un diplôme universitaire, la majorité (59 %) de second cycle, 24 % de troisième cycle, 17 % de premier cycle. Il s'agit alors la plupart du temps d'un diplôme d'ingénieur (voir le Tableau 5.8).

Tableau 5.8 - Niveau d'études des acteurs interrogés

Niveau d'études	
Premier cycle	5
Second cycle	17
Troisième cycle	7

Enfin, environ les 2/3 des acteurs interrogés avaient une ancienneté dans le secteur aéronautique de plus de 10 ans, parfois, à plus de 30 ans, avec une moyenne à 12 ans d'ancienneté spécifique au secteur aéronautique (voir le Tableau 5.9).

Tableau 5.9 - Ancienneté des acteurs interrogés dans le secteur aéronautique

Ancienneté dans le secteur aéronautique	
Moins de 5 ans	4
de 5 à 10 ans	6
Plus de 10 ans	19

PARTIE III
RÉSULTATS ET ANALYSE

CHAPITRE 6

LE GRAND DÉFI DE L'AÉRONAUTIQUE DU XXIÈ SIÈCLE : CONSTRUIRE L'AVION VERT

L'avion vert fait partie d'un ensemble plus large que l'on peut qualifier d'aéronautique verte visant à une pollution moindre. Agir sur l'aspect environnemental dans le secteur aéronautique peut et doit se faire à l'aide de différents leviers d'action, dans différents domaines et auprès de différents acteurs : les gouvernements, institutions et organisations internationales, les aéroports, les compagnies aériennes, les entreprises du secteur aéronautique.

L'objet de ce chapitre est d'étudier le rôle de l'industrie aéronautique québécoise vis-à-vis de l'avion vert. Pour ce faire, on suivra un plan en trois étapes visant à décrire 1) ce qu'il est, 2) comment, et 3) pourquoi.

L'avion vert : une innovation continue ou une innovation de rupture

Comme cela sera décrit dans le chapitre suivant, travailler sur la conception d'avions, c'est faire de l'innovation continue plutôt que de rupture. Même si certaines technologies adoptées relèvent de ce que l'on peut qualifier d'innovation de rupture, ce n'est pas le cas pour la majorité d'entre elles, qui s'inscrivent plutôt dans la continuité. Elles sont « plus incrémentales si on veut utiliser cette expression-là, que révolutionnaire »³⁹ (Cadre supérieur, Consortium de recherche). Notamment en terme de design général de l'avion, pris dans sa globalité. L'avion vert pourrait correspondre à un ensemble d'innovations de rupture, mais celles-ci sont laissées en suspens pour des travaux futurs.

³⁹ Toutes les citations dans ce chapitre et le chapitre suivant correspondent à des extraits des entretiens.

Est-ce qu'on va aller dans des ruptures d'innovation ? En termes de géométrie d'appareil ou des trucs comme ça, je ne suis pas certain que des entreprises commerciales comme XYZ Aircraft vont se lancer dans des trucs comme ça (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Les principales innovations ne viennent pas nécessairement de produits placés sur le marché, mais de modèles protégés de celui-ci, comme les avions militaires, qui par le budget qui leur est alloué et la planification dont ils disposent, permettent de travailler sur des innovations de rupture.

C'est plus par l'entremise de projets de défense qu'on va voir l'apparition de nouvelles configurations comme ce que Boeing, Lockheed ou ce monde-là développe pour l'armée. Je ne pense pas qu'au Canada on en voit, mais en même temps il faudrait en voir, il faudrait quand même être présent pour avoir des créneaux de connaissances. Parce que, veut — veut pas, ça va tomber dans le commercial à un moment (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Dans cette optique, l'objet avion est lui-même questionnable, d'un point de vue environnemental : s'agit-il du meilleur moyen pour arriver à transporter des personnes dans les mêmes contraintes (coût, temps) que l'avion ? Ces questions ne se posent pas dans l'industrie, comme le reconnaît ce spécialiste :

On n'en est pas encore à repenser le service en tant que tel, parce que le fait d'utiliser l'analyse du cycle de vie, on pourrait revenir très loin en arrière dans le processus et se demander « enfin je ne fais pas un avion, mais je fais un moyen de transport pour transporter une personne d'un point à un autre, sous certaines conditions ». L'avion serait une option, mais on pourrait regarder en arrière pour analyser ce qui se passerait si on faisait une nouvelle conception du « service de transport » (Cadre intermédiaire, Université/Centre de recherche).

Toutefois, sur le long terme, réaliser l'avion vert revient à modifier complètement la manière de penser et de produire des avions. Cela nécessite des modifications importantes sur le *design* général de l'avion comme l'illustrent les travaux de la NASA (Drake, 2012), les technologies utilisées, et l'organisation industrielle (cf. les chapitres 7 et 8).

Pour aller chercher ce genre d'amélioration, on arrive aux limites du tube classique. Cela demande de repenser complètement l'architecture de l'avion. Le moteur est alors différent, l'intégration du moteur aux avions est différente, il y a toute une série de changements importants. Ce sont des défis très importants concernant l'industrie au complet. On parle d'horizon 2030. On sait que dans les 5 prochaines années, on va devoir commencer à y penser sérieusement (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Ces changements de design nécessitent un travail très important, notamment en terme d'organisation et de collaboration entre acteurs :

L'effort est faramineux. Actuellement, on travaille encore beaucoup en silo. Boeing fait un avion, on peut changer le moteur, qui est une boîte noire dans la carcasse. Quand on parle de projets comme ça, c'est beaucoup plus imbriqué, le développement ne pourra plus se faire de façon séparée, mais devra être réalisé conjointement. Le moteur et la nacelle devront être conçus ensemble. Ça pose des problèmes d'organisation industrielle (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Étant donné que l'industrie travaille actuellement principalement sur des projets de R&D pour des avions ou des produits sortants dans les années à venir, l'avion vert tel qu'il sera considéré dans ce chapitre se réfère donc à cet avion amélioré sur une base principale d'innovation continue, même si certains procédés technologiques (par exemple, l'utilisation de composites, l'électrification de l'avion) nécessitent des processus de fabrication et de recherche correspondant plus à des innovations modulaires ou architecturales par rapport aux technologies et procédés existants.

L'avion vert : un essai de définition

Définir l'avion vert n'est pas une tâche facile, ce chapitre vise à le définir à travers trois questions générales : ce qu'il est, comment et pourquoi. Avant cela, on en donnera dans un premier temps une définition initiale provenant d'un acteur :

On va commencer par la naissance. C'est un avion qui a été conçu de façon que sa fabrication consomme moins de matières, des matières moins nocives pour l'environnement, qu'il génère moins de débris, de déchets, que l'énergie nécessaire à son assemblage, sa construction ou sa fabrication des pièces soit moindre. Ensuite c'est un avion qui en vol va permettre ... de partir du point A pour se rendre au point B, en consommant beaucoup moins d'énergie, donc en général moins de gaz à effet de serre. Il va donc avoir un poids beaucoup plus léger. [...] Notre avion est plus léger, donc sa structure est plus légère ce qui lui permet de consommer moins de carburant, donc il transporte moins de carburant pendant son vol. Il peut utiliser de meilleures routes, donc le système de pilotage est meilleur, il y a une meilleure communication avec les aéroports pour éviter d'attendre au décollage et de tourner en rond à l'arrivée. Quand il est en fin de vie, cet avion se recycle très très facilement et il fait tellement peu de bruit, c'est un avion silencieux ! L'avion vert, c'est le précurseur de la téléportation ! (Rires) (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

6.1. L'avion vert : ce qu'il est ?

L'objectif de cette section est de définir ce qu'est l'avion vert pour les praticiens. Y seront détaillés les raisons de cette précision de ce qu'est avion vert, ses origines, sa place dans

l'industrie, la place du compromis dans celui-ci et les deux visions de l'avion vert présente comme avion efficace et idéal d'avion totalement propre, toutes deux se réunissant dans la vision de l'avion vert comme orientation de l'innovation.

6.1.1. Pourquoi définir l'avion vert

Avant de répondre directement à la question, il est légitime de se demander pourquoi définir ce qu'est un avion vert. Si la réponse à la question « qu'est-ce que l'avion vert » semble a priori simple, elle est en fait beaucoup plus complexe qu'il n'y paraît à première vue : « ça réunit tout ce qui fait l'avion, donc j'imagine que ça ne doit pas être un concept si facile que ça à définir » (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre). En effet, l'avion vert est un objet technique, mais également un objet social, porteur de sens et de symboles.

La réponse semble aller de soi. Pourtant, la multitude de réponses à cette question donnée par les acteurs interrogés illustre à quel point la chose est complexe. Certains ont d'ailleurs fait part de leur propre questionnement, comme ce professionnel travaillant spécifiquement sur le sujet :

C'est quoi un avion vert ? Quand est-ce qu'on le qualifie de vert ? Quand il est carbone-neutre ou... C'est quoi un avion vert... j'en sais rien moi ? C'est un avion qui fait pas de bruit du tout ? Ou c'est un avion qui fait un peu de bruit ? Ou c'est un avion qui fait pas trop de bruit ? C'est quoi cet avion ? ben je sais pas (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

D'ailleurs, plusieurs appellent à bien préciser ce dont il s'agit : « Alors quand on dit avion vert, il faut être précis parce que quand on augmente notre efficacité ça peut être un projet vert » (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Une autre raison importante de se poser la question de la nature de l'avion vert repose sur le fait que diminuer l'**empreinte environnementale** de l'avion est un objectif commun pris par les acteurs industriels du secteur aéronautique à travers leur association internationale, l'ATAG, ainsi que par l'organisation de l'aviation civile internationale (OACI, 2010), et les autres associations dans le domaine de l'aéronautique : l'ACI regroupant les aéroports et l'IATA regroupant les compagnies aériennes (cf. le chapitre 4). L'objectif est une diminution de 50% des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050, dont environ la moitié de l'effort

proviendrait de progrès technologiques, 1/6 de gains d'efficacité sur les opérations comme l'utilisation de routes plus courtes, d'atterrissages plus rapides, l'amélioration des infrastructures. Et encore près de la moitié restante par l'utilisation de carburants alternatifs. Les quatre leviers majeurs pour arriver à ces réductions sont « les technologies, les opérations, les biocarburants et les instruments économiques basés sur le marché (*market based instruments*) » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Encadré 6.1 - La notion d'empreinte environnementale ou empreinte écologique

L'empreinte environnementale, c'est la qualification de la pression exercée par l'être humain sur son environnement. « Le fait d'être en zone urbaine, cela renforce notre intérêt pour l'environnement. Pour un grand nombre de nos partenaires, l'environnement, c'est d'être conforme aux normes environnementales. Mais depuis une vingtaine d'années, il y a un courant industriel qui se développe pour dire que ce n'est pas juste ça. Plusieurs personnes ont été avant-gardistes et ont amené le concept d'empreinte écologique. On considère alors le cycle de vie des produits » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Plusieurs acteurs décrivent cet objectif comme étant ambitieux, parce qu'il s'agit d'un objectif global, et que les avions construits en 2020, voire aujourd'hui ou même hier, seront encore opérationnels en 2050, et compris dans le calcul. Cela prend également en compte l'augmentation du trafic aérien. Or, chaque année, 5% de passagers en plus volent. « Moitié moins de carbone émis en 2050, avec un trafic qui augmente de 5% par an. Cela fait qu'en terme de passager, c'est une diminution très importante » (Cadre supérieur, Maître d'œuvre). Mais tous les acteurs ne s'entendent pas sur l'ampleur du défi, certains étant critiques par rapport aux objectifs fixés :

Je pense que c'est des objectifs réalisables, ils n'ont pas mis des objectifs qu'ils ne sont pas capables de réaliser. Est-ce suffisant, je ne sais pas, mais [...] ce n'est pas grand-chose ce qu'ils proposent. C'est mieux que rien, mais [...] s'ils ont mis des objectifs c'est qu'ils pensent les atteindre (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Tout cela pose la question de savoir qui définit les critères, ce que tous les acteurs ne savent pas nécessairement.

Je ne sais pas comment ces critères-là sont mis en place ou à partir de quel moment on est capable de qualifier de vert ou de pas vert... Je pense que ce n'est pas du ressort des compagnies qui fabriquent des avions (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

L'aviation est par essence internationale, car l'objet avion traverse les frontières. De ce fait, les constructeurs souhaitent avant toute chose une réglementation unifiée pour ne pas à avoir à développer des produits différents pour chaque pays, ou pour pouvoir faire voler leurs avions dans différents pays.

L'aviation est un secteur mondial. Un avion décolle ici, arrive en France. Il faut que les règles soient internationales, un avion qui passe par 2-3 pays différents ne doit pas avoir 2-3 réglementations différentes. Pour éviter que ce soit le *Far West*, on doit homogénéiser les solutions pour qu'elles soient globales, à travers un organisme comme l'OACI (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

C'est effectivement dans cet organisme international relevant de l'Organisation des Nations Unies que les normes sont travaillées. Elles sont en grandes parties définies au sein de l'OACI, à travers des groupes de travail réunissant les différentes parties prenantes.

Nous devons évidemment prendre en considération les points de vue des parties prenantes : je pourrais dire la plupart, mais je pourrais également dire toutes les parties prenantes. [...] Dans les groupes de travail, elles sont représentées : l'OACI, les fabricants, les opérateurs, les agences gouvernementales, les organismes non gouvernementaux — les personnes ayant rapport à l'environnement, les autorités de certification, par exemple. Nous essayons de tenir compte de l'opinion de l'ensemble de ces différents secteurs. [...] Nous tenons compte des opinions de toutes les parties prenantes. [...] Dans certains de ces groupes de travail, nous avons des universitaires par exemple afin de traiter certaines questions. Nous avons aussi des groupes d'experts indépendants qui travaillent au niveau technique, par exemple pour élaborer la norme CO2. Nous nous basons sur un grand nombre de données provenant des fabricants, parce qu'ils possèdent toutes les données. Mais nous essayons de comprendre exactement ce que nous avons et ce que nous pouvons en faire. Nous avons des groupes d'experts indépendants qui ne sont pas connectés aux fabricants ou aux intérêts d'un pays particulier. Ils sont indépendants et ils nous guident sur les prochaines étapes en matière de technologie (Analyste/ingénieur, Organisation internationale).

Plusieurs acteurs mettent l'emphase sur le rôle essentiel du gouvernement comme levier d'action pour accélérer ou pour orienter l'aéronautique vers un amoindrissement de son empreinte écologique. Augmenter la réglementation environnementale pousse les entreprises à aller plus loin et à relever ces défis comme de nouvelles contraintes

Si on veut vraiment aller vers le côté environnemental, ce ne sont pas les entreprises qui vont le faire, c'est les gouvernements qui vont imposer des normes et qui vont faire des challenges technologiques pour faire ça. Quand on fixe des normes dans un programme comme l'avion vert, c'est parce qu'on sait très bien que c'est des normes qui ont été fixées par des

gouvernements ailleurs dans le monde et que l'on sait qu'on va avoir à répondre à ces normes-là (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

C'est d'ailleurs là une des causes de l'avion vert (cf. la section 6.3 du présent chapitre).

6.1.2. Les origines de l'avion vert

Sur la notion d'avion vert, la plupart des intervenants reconnaissent le rôle de leader de l'Europe dans l'élaboration et la construction de celui-ci.

La notion de l'avion vert, complet, du début à la fin, ça s'est bâti tranquillement et je dois dire que les Européens ont beaucoup travaillé dans cette direction, car le cadre européen allait dans cette direction. [...] Le leader, tout ce qui touche avion vert, c'est l'Europe (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Le programme européen *Clean Sky* est souvent cité comme exemple par les acteurs comme modèle : « *Clean Sky* a été assez leader là-dedans » (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche) et a servi de guide pour bâtir des programmes canadiens visant également l'avion vert, notamment GARDN.

Au Québec, l'avion vert est apparu progressivement durant les 4 à 7 dernières années, au travers des travaux menés au sein des organismes visant à regrouper l'industrie dans une grappe, dans les discussions, les forums, les comités où les différents acteurs ont vu émerger cette question comme à la fois importante pour l'environnement, mais permettant de travailler sur des objectifs de coûts, de performance.

L'objectif c'était quoi ? En fait l'objectif c'était de regrouper les forces de recherche au Québec pour qu'elles travaillent ensemble. On n'avait pas d'objectif d'avion vert, on était très loin de tout ça. Et tranquillement ce qui est arrivé c'est que les projets devenaient de plus en plus... En fait c'était clair que ce qu'ils cherchaient c'était l'économie, c'était la performance, c'était l'économie en général : une meilleure condition, une vie plus longue, des matériaux plus adaptés et la meilleure façon d'usiner tout ça de s'impliquer, etc. De sorte que rapidement, à l'époque ce n'était pas l'avion vert, on en parlait pas beaucoup, même en Europe, [...] on voulait trouver des avions qui fonctionnent et qui soient plus économiques (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Pourtant, même si le terme d'avion vert est nouveau, l'amélioration de l'empreinte écologique de l'avion n'est pas une chose nouvelle : « Si on regarde vers le passé, l'aviation s'est améliorée d'environ 1,5% par an depuis 40 ans. Si tous les avions polluaient comme un

Boeing 707, ce serait intenable ». Ce serait donc l'emphase mise sur cette question de l'environnement qui serait nouvelle. D'ailleurs, nombre d'acteurs voient cela comme s'inscrivant dans la continuité historique de l'aviation.

La vision de AéroAir concernant l'avion vert ou l'avion plus écologique, c'est que ça va de soi, c'est normal. C'est comme tout. Si on veut continuer à vivre en symbiose, si on veut continuer à vivre sur cette planète, il faut la comprendre. Donc au niveau de l'aviation, les gains, lorsqu'on veut avoir un penchant vert, ne sont pas juste environnementaux. Les gains sont économiques, sont au niveau de l'augmentation des connaissances, les gains sont au niveau de l'efficacité. Les gains sont à tous les niveaux. Ça fait partie de l'évolution naturelle, que de faire des avions de meilleures générations c'est clair (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

6.1.3. L'avion vert aujourd'hui dans l'industrie

Comme cela a été précédemment évoqué, la question de l'avion vert donne lieu à des réactions complexes et contradictoires. Celui-ci semble correspondre à une priorité pour les entreprises :

ça va toujours en fonction de la demande des entreprises, mais leurs priorités, ce sont des procédés, des technologies plus verts, des matériaux plus légers, de diminuer le poids de l'appareil. C'est un point super important, diminuer les émissions de gaz à effet de serre, de toutes sortes de NOx, de toutes sortes de gaz (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche).

Il s'agit donc de diminuer l'empreinte environnementale de l'avion, que l'on peut principalement observer à travers la *pollution globale* — les gaz à effet de serre du type CO₂, la *pollution locale* — l'émission de particules, de carbone noir, etc. Ces deux types de pollution sont reliés à la consommation de carburant. Il s'agit également de diminuer la *pollution sonore*, ainsi que la *pollution physico-chimique* à travers la diminution d'utilisation de matériaux ou de procédés dangereux pour l'Homme ou son environnement. Il s'agit enfin de *limiter le gaspillage* de matières premières, que ce soit en amont — lors de la conception-fabrication ou en aval, en fin de vie.

Dans le cas de plusieurs entreprises, dont de plus en plus de grands joueurs, l'avion vert devient un choix stratégique.

D'avoir un avion plus respectueux de l'environnement c'est un axe clair qui est développé et on a très régulièrement des *updates* sur les avancées technologiques et ce qu'on est capable d'atteindre en terme de performance meilleure (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

La dimension environnementale n'est pas du tout secondaire dans la dimension stratégique, comme l'énonce un haut-dirigeant d'une entreprise aéronautique : « La vraie question à se poser, c'est est-ce que l'avion vert fait partie de la vision, ou l'avion vert, c'est la vision ? » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre). Cette dimension stratégique permet souvent de justifier les coûts de R&D auprès de la direction. Il s'agit alors d'ancrer les travaux de R&D et les technologies vertes pour que l'axe stratégique et les développements technologiques aillent de pairs.

Pourtant, la question est difficile et gênante pour plusieurs interlocuteurs, visiblement dérangés par la question, qui donne lieu à des rires gênés et des regards fuyants lors des entrevues. Ils reconnaissent la difficulté de la réponse et l'absence de mesure objective. Par ailleurs, cela soulève souvent également des questions actuellement sans réponses. Où placer la limite ? Doit-on maîtriser toute la chaîne pour qualifier un avion d'écologique ?

Tu veux rendre ton avion plus léger alors tu mets des composites dessus. Tes composites viennent de quoi ? Est-ce que c'est du bio composite ? Et comment tu recycles les composites aujourd'hui ? C'est loin d'être connu. Alors est-ce qu'on attend de savoir comment recycler les composites avant d'en mettre ? Est-ce que, parce que tu ne sais pas comment est composé ton composite, aujourd'hui ça en fait un avion moins vert ? Comment tu le définis dans l'échelle du vert ? C'est extrêmement compliqué je trouve ça intéressant, mais pas facile à répondre (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Un autre questionnement relève de la superposition entre l'amélioration de l'efficacité économique ou productive de l'avion et l'amélioration de son empreinte écologique.

En fait, je ne me souviens pas avoir déjà fait un projet pas vert, parce que c'est toujours des projets où on améliore la productivité, et il y a souvent un lien qui se fait entre productivité et vert donc si je produis plus rapidement, je suis plus vert, si je respecte la réglementation je suis plus vert... À peu près tous les projets qu'on fait ici on peut leur donner une tendance verte parce qu'on travaille à l'amélioration de la productivité si on produit plus vite on consomme moins d'énergie si on consomme moins d'énergie, etc. etc. (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Il s'agit en fait de spécificités liées à la nature même de l'environnement, élément multidisciplinaire. « L'environnement affecte beaucoup de choses, ce n'est pas simplement le taux d'émissions, le bruit, le taux de carburant. Si tu améliores l'efficacité d'un moteur ou

d'un avion, c'est directement lié à l'environnement, et toutes les méthodes de fabrication c'est également l'environnement » (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

L'absence de démarcation nette pose problème à plusieurs : « On n'a pas une mesure du vert : l'efficacité c'est combien, le bruit c'est combien, le taux d'émissions c'est combien ... C'est tant alors c'est vert. Non ! » (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Cela crée une polémique sur l'existence même de la notion d'avion vert : « je pense que c'est un leurre, je pense que l'avion ne sera jamais vert, il sera un peu plus vert, mais il ne sera jamais vert » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre). Cela est d'autant plus marqué que les projets d'innovation radicale ne sont jamais mis sur la table à dessin des ingénieurs, soulevant parfois des déceptions chez ces derniers.

Soit on fait des changements radicaux, ou on continue sur le chemin actuel. Et actuellement, c'est juste de l'incrémental. Et ça c'est juste réduire les coûts, si on utilise moins de matériaux en usine, si on est plus efficace, on réduit les coûts. À date, c'est réduire les coûts. Je n'ai pas été témoin de projets où on utilise « de l'eau comme carburant ». Je le dis sous forme de niaiserie (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

L'avion vert demeure donc une **zone floue**, regroupant tout un ensemble, pas nécessairement cohérent, de projets améliorant l'empreinte écologique de l'appareil. « Ce n'est pas des choses qui sont clairement définies en tant qu'avion vert, [...] mais c'est une volonté depuis au moins 5 ans de la compagnie » (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre). Cela impose une certaine dose d'ambiguïté dans l'orientation du travail des ingénieurs, même si la direction est quand même l'amélioration générale :

[L'avion vert] c'est complètement relatif ! Ça ne veut pas dire que les avions qu'on a depuis les 15 ou 20 dernières années ne sont pas verts, mais la couleur peut changer, des nuances de verts plus foncés... On a toujours des avions qui sont moins polluants, chaque année, les moteurs et les avions sont moins polluants, donc plus verts (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Il est en effet difficile pour les acteurs eux-mêmes de savoir si l'utilisation d'une technologie ou d'un procédé correspond à une amélioration environnementale, car ce qui peut être gagné dans une dimension peut être perdu dans une autre.

On est sur des projets visant à trouver des matériaux plus légers que les autres parce que ça amène une consommation moindre... tu vas remplacer des matériaux pour dire "lui son

procédé de fabrication fait qu'il n'est plus vert dans son application", et tu vas avoir l'autre, il est plus léger donc consomme moins de carburant... Par exemple, on travaille sur des procédés d'usinage de panneaux de fuselage pour remplacer l'usinage chimique par de l'usinage mécanique. On peut se dire « c'est chimique là... ça usine ça fait des choses il y a des émanations... ». Oui, mais en même temps, il a fallu fabriquer des outils à la *cheap*. On fait quoi avec, on les refond ? Il y a des émanations. [...] Il faudrait faire l'analyse de cycle de vie ou de fabrication au complet pour chacun des procédés. [...] Des fois on a l'impression de faire des procédés plus verts, mais ils ne le sont peut-être pas vraiment (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Il devient donc nécessaire de faire un **arbitrage** entre les différentes dimensions rentrant en conflit. Souvent, le choix est fait en fonction de l'utilisation de l'avion pour arriver au meilleur compromis. Dans cet exemple, une meilleure isolation sonore entraîne un poids plus lourd de l'appareil.

On a fait à l'interne une conversion : 1 dB en moins équivaut à tant de poids en plus. Ensuite, cela dépend de l'usage. Par exemple, un vol long-courrier qui fait 10.000 km qui vole une fois par jour, il vaudrait peut-être mieux privilégier la consommation par rapport au bruit. Alors qu'un autre avion qui fait 10 décollages pour des vols régionaux, l'impact du bruit va être plus grand, et l'impact du poids aussi parce qu'il va monter 10 fois par jour. Le compromis doit être trouvé en fonction de l'usage (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Ces choix peuvent également être faits en fonction des attentes des clients : « Tout ça, c'est des choix qui doivent être faits avec le client » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre). En général, les compagnies disposent de technologies génériques qu'elles adaptent alors spécifiquement en fonction des demandes et des usages des clients. Il n'y aurait donc pas un avion vert, mais des avions verts.

Comme les autres dimensions interviennent également, et que le choix est fait en fonction des demandes des clients, de nombreux acteurs se posent la question de la véritable nature environnementale de l'avion vert.

Ce sont à mon avis des aspects purement comptables, financiers. On vient diminuer les coûts d'exploitation de l'appareil, donc ça coûte moins cher, donc on arrive à compenser plus ou moins l'augmentation des coûts de l'énergie [...], sur l'aspect diminution des coûts pour qu'en bout de chaîne les compagnies aériennes continuent à être rentables et que le prix de billets reste raisonnable, pour que le secteur ne s'effondre pas (Analyste/ingénieur, Consortium de recherche).

Mais, ceux-ci voient également cela comme une étape transitoire et nécessaire en vue d'une amélioration réellement environnementale à venir, qui nécessite la mise en place de tout un environnement, un **écosystème d'affaires** qui lui soit favorable.

C'est nécessaire que l'industrie en passe par la diminution des coûts d'exploitation pour que petit à petit on commence à intégrer plus de technologies réellement vertes et durables. On ne peut pas dire : « bon bah maintenant on veut un avion vert et durable demain matin ». Ça ne marcherait pas parce qu'il y a tout un écosystème derrière, ce qu'il faut c'est qu'au final quand moi je vais acheter mon billet d'avion pour aller en Europe, je vais chercher le moins cher ou du moins le plus raisonnable. Si une compagnie me propose un prix 50 ou 100% plus cher que les autres parce que son avion est durable, est-ce que je vais aller vers cette solution-là ? La vraie question est là. À l'heure actuelle les gens, ce qu'ils regardent, et on voit la multiplication des sites de comparaison de billets, les gens vont vers le billet le moins cher. Donc pour arriver à un billet le moins cher possible il faut arriver à diminuer les coûts d'exploitation et de production. L'avantage à l'heure actuelle c'est que la diminution des coûts d'opération, ça va dans le même sens qu'un avion plus vert, donc on va dire que ça tombe bien (Analyste/ingénieur, Consortium de recherche).

L'écosystème d'affaires n'est pas le seul nécessitant une transformation, il est également nécessaire de transformer l'**écosystème technologique** pour mener cette transformation.

Maintenant le fait que l'on travaille sur ces aspects-là aujourd'hui ça va forcément amener des technologies plus vertes, durables et des choses plus respectueuses. Et on part de très, très loin, on est très loin de la compagnie du domaine automobile qui est beaucoup plus respectueux que l'aéronautique, ne serait-ce que dans le traitement des pièces industrielles, les peintures, les solvants utilisés. On a une liste assez impressionnante, donc on a beaucoup de travail à faire là-dedans, mais il faut que ça se fasse progressivement malheureusement (Analyste/ingénieur, Consortium de recherche).

En effet, l'avion vert ne touche pas uniquement l'appareil, mais tout le système sociotechnique autour de lui, comme les conditions de travail des employés, les emplacements des usines, etc.

Pour moi l'avion vert c'était aussi l'usine, les bureaux, l'impact de l'usine sur la ville... et je ne trouve pas qu'on est bon là-dedans et je ne sens pas du tout que l'on mette beaucoup d'action là-dessus. Donc je me suis posé la question. Oui, on en met beaucoup sur les nouvelles technologies, sur les méthodes de production. On en met beaucoup sur l'élimination du gaspillage et la standardisation des processus, ces choses-là. Le *lean management*. Mais au niveau de notre impact sur l'environnement dans les bureaux dans les usines... non. Même — c'est idiot —, mais le transport en commun, le transport du personnel. [...] Améliorer l'ambiance de bureau, rajouter des plantes vertes, mettre des plantes qui assainissent l'air (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Or cette **dimension humaine et sociale** de l'avion vert semble ne pas apparaître à tous les acteurs comme une dimension importante, ou comme ne faisant pas partie de ce qu'est l'avion vert, contrairement à plusieurs acteurs insistant sur l'importance de celle-ci, mais également sur le manque d'engagement de leur entreprise dans ce domaine. Pourtant cette dimension humaine touchant les employés contribue directement ou indirectement à l'environnement.

Je n'ai pas l'impression, je n'ai pas le sentiment du tout qu'on nous encourage. [...] Je ne suis vraiment pas certain qu'il y ait des analyses qui aient été faites, parce qu'ils veulent couper les coûts. Donc c'est pas de racks à vélo supplémentaires à telle entrée, non on met des procédures bien claires, et on ne les dépasse pas parce qu'on ne veut pas. Mais du coup il n'y a pas d'analyse qui est faite, il n'y a pas de travail en amont. Il n'y a personne qui a envie de travailler là-dessus ? Je ne sais pas. Je ne le vois pas, et si moi je ne le vois pas, je me demande si du coup il y a quelqu'un qui y travaille (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Bien que cette dimension humaine et sociale de l'avion vert semble négligeable par rapport aux « vrais enjeux » de l'avion vert, elle semble avoir une importance pour plusieurs acteurs. Quelques exemples ont été donnés par des acteurs regrettant l'absence de telles pratiques dans certaines entreprises, ou approuvant celles-ci lorsqu'elles existent. Il s'agit de petits gestes, comme l'installation de racks à vélo, l'aide au covoiturage, la distribution de panier bio, mais ayant une partie réelle et concrète sur les employés, notamment d'un point de vue symbolique en donnant de l'entreprise une image réellement engagée sur le plan environnemental.

6.1.4. Un ensemble de compromis

L'avion vert représente un ensemble de compromis entre l'environnement et différentes dimensions économique, technologique, humaine et sociale. « Un avion vert, ça demeure toujours le compromis entre efficacité énergétique, efficacité économique et empreinte environnementale. Mais c'est un compromis » (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Au niveau économique, il demeure nécessaire que l'avion puisse se vendre auprès de clients prêts à l'acheter. « Parce qu'on peut faire quelque chose de super dispendieux, mais personne ne va s'en servir. Ça va respirer de l'eau et ça va cracher de l'eau et ça va être compostable, mais ça ne marchera pas fort » (Cadre intermédiaire, Sous-traitant). Cette idée d'avancées progressives successives est bien intégrée. Elle nécessite un contrôle sur le coût des produits ou de l'appareil.

Au bout du compte, l'industrie, il faut qu'elle les vende ses avions. Même l'avion le plus vert ne serait pas forcément celui qui serait acheté par les compagnies aériennes, pour différentes raisons après c'est une histoire de prix, c'est une histoire de capacité de siège, c'est une histoire de capacité de distance, d'habitacle à l'intérieur, de hauteur des toilettes. C'est aussi con que ça ! Et le moment où ça arrive sur le marché, est-ce qu'ils sont prêts à acheter un avion ou pas, il y a tellement de facteurs que l'on pourrait à terme tuer une industrie en

voulant poursuivre un idéal conceptuel. C'est une histoire de *trade off* constant, de compromis... (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Par ailleurs, il y a le risque de mettre trop d'énergie sur un secteur — ici l'aéronautique — au détriment des autres, et de se retrouver dans une position d'optimum local, un avion vert et d'autres secteurs polluants, et non d'optimum global, ou chaque secteur est moins polluant.

Si les gens achètent l'avion parce que « allez ouais, on achète vert », mais que l'argent utilisé pour acheter ces avions-là à un prix supérieur, aurait pu permettre de développer des technologies qui réduisent l'impact environnemental dans d'autres secteurs ... Est-ce qu'on est gagnant ? (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Au niveau technologique, il y a également des choix à faire, entre technologies différentes, entre les impacts de ces technologies, et entre les conséquences environnementales de chacune. Par exemple, « diminuer le bruit, c'est augmenter le poids » (Cadre intermédiaire, Université/Centre de recherche).

C'est également un ensemble de compromis humains et sociaux. Les individus — chercheurs, ingénieurs, gestionnaires, etc. sont parfois amenés à prendre des décisions dans l'intérêt de leur entreprise, en contradiction avec leurs valeurs personnelles. « À titre personnel, en tant qu'individu membre de la société, voir mon activité se développer dans le respect de l'environnement, c'est apprécié. Mais en tant que gestionnaire, je dois m'assurer que la société continue d'être profitable » (Cadre supérieur, Maître d'œuvre). Ces décisions peuvent parfois être vécues difficilement par les membres du personnel.

La dimension sociétale est également importante à prendre en considération : la question des changements climatiques et de la protection de l'environnement pourrait amener la société à rejeter à l'avenir le secteur aéronautique, d'où une incitation à prendre en considération les attentes actuelles et potentielles de la société civile.

Une chose qui pourrait empêcher le développement de l'industrie, c'est la résistance de la société vis-à-vis de l'aviation, si l'impact environnemental est jugé trop mauvais. Par exemple, avec les aéroports, s'il y a plus d'avions qui volent, il va y avoir plus de résistance des riverains. Donc si on veut que l'aviation se développe harmonieusement, si l'on veut qu'il y ait plus d'avions, il faut que ces avions fassent moins de bruit. Même chose avec le réchauffement climatique. Plus il va y avoir des avions, plus le secteur va être montré du doigt comme producteur de carbone (Cadre supérieur, Maître d'œuvre).

Avoir plus de connaissances permet un développement plus harmonieux entre ces différentes dimensions. « L'aviation se développe, mais pour que cela se fasse harmonieusement, il faut tenir compte de l'impact de l'aviation sur l'environnement » (Cadre supérieur, Maître d'œuvre). Les compromis effectués sont alors réalisés en connaissance de cause et de conséquence, permettant un arbitrage basé sur les savoirs de ces différentes dimensions économiques, marketing, intersectorielles, technologiques, humaines, sociétales et environnementales.

Un avion c'est un compromis. Si on doit améliorer les choses pour être plus vert, c'est des choix qu'il y a à faire, il faut faire des compromis. Alors plus on a de connaissances plus on a le choix de faire des choix appropriés globalement (Cadre intermédiaire, Université/Centre de recherche).

Face à ces choix et ces compromis, on retrouve chez les acteurs deux conceptions de l'avion vert : l'avion vert comme avion efficace ; l'avion vert comme idéal d'avion totalement propre. C'est le sujet des deux prochaines sections.

6.1.5. L'avion vert comme avion efficace

Voir l'avion vert comme un avion efficace relève d'une réalité de terrain que l'on retrouve chez nombre d'acteurs. « Et puis dans la façon de travailler avec les joueurs, l'approche verte c'est une approche environnementale, c'est une approche d'efficacité » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre). Il s'agit d'une conception relevant de la logique de l'ingénieur. Dans cette représentation de l'avion vert, chaque élément, projet, technologie, produit ou service permettant d'améliorer l'efficacité de l'avion est un gain environnemental.

Interviewer : Selon vous l'importance accordée à l'environnement dans ces projets chez AéroAir, elle est importante, secondaire ?

Elle est par défaut, intrinsèque, parce que ça revient toujours au contexte d'optimisation. Toujours. Toujours.

Interviewer : donc pour vous optimisation et environnement sont reliés et c'est fondamental ?

Oui parce que l'optimisation ne peut pas se faire au détriment d'une empreinte écologique plus grande, ne peut pas se faire au détriment d'une augmentation d'un coût. En aviation, on ne peut pas reculer, il faut toujours aller de l'avant. Ou bien moins de consommation, ou moins chère ou plus sécuritaire. Il ne peut pas y avoir de recul, on ne l'accepte pas et nous on n'en fait pas, ce ne sont pas nos valeurs. Donc à partir du moment où il y a un gain dans n'importe quel sens, il y a un bénéfice vert, c'est clair parce que quand on regarde la définition

verte, c'est réduire l'empreinte et favoriser la coexistence de tout cela ensemble (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Ainsi, dans cette conception, efficacité et environnement vont de pairs. « On va faire des avions plus efficace, plus respectueux de l'environnement, c'est à peu près la même chose » (Cadre supérieur, Maître d'œuvre). Il est vrai que les deux dimensions sont souvent reliées, et que, par exemple, une augmentation de l'efficacité liée à un litre d'essence permettra dans le même temps de réduire la facture et de moins consommer. Dans cette première conception de l'avion vert, celui-ci n'est que le moyen du véritable enjeu qu'est l'augmentation de l'efficacité de celui-ci.

Le concept de l'avion vert pour moi, à la base, ça n'a rien à voir avec du vert, ça a à voir avec l'amélioration des performances des avions. On cherche toujours à diminuer le coût d'opération. En le faisant, on prend moins de carburant, on prend moins de ci, on prend moins de ça et donc on aurait pu dire qu'on va faire le concept de « l'avion plus performant ». Ça aurait été (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Il est vrai que, comme cela a été précisé à la section 6.1.2, la question environnementale est nouvelle en ce sens qu'elle est aujourd'hui nommée comme telle. « Ça existait toujours, dans les années 70 on parlait des taux d'émission, du carburant, on n'avait pas la notion d'environnement, mais on le connaissait, on le faisait » (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Ainsi, il est fréquent d'avoir une amélioration environnementale comme effet de bord d'un travail sur l'efficacité d'un produit.

Moi j'ai essayé de mettre des outils en place qui permettent de limiter au maximum le travail manuel et les erreurs... c'est indirectement, je pense, que ça contribue à l'avion vert. Parce que mon but c'est de compter notre rentabilité en fait. On contribue en diminuant le nombre d'erreurs, par exemple on augmente l'efficacité on diminue le gaspillage aussi par ce qu'on est plus capable de traquer nos pièces, d'avoir les bonnes choses du premier coup. Et au niveau de l'énergie justement on gaspille moins [...] D'un point de vue qualitatif, ouais c'est assez énorme (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Selon cette conception de l'avion vert comme avion efficace, il n'y a pas de rupture qualitative dans la représentation de ce qu'est un avion vert par rapport aux méthodes de conception passées.

Nos pratiques de travail vont déjà dans ce sens, on vise l'efficacité. Que ce soit un nombre de lignes de codes dans un programme, les gens vont tout faire pour en diminuer le nombre. Pour

que ce soit plus rapide, que le temps de *processing* soit plus rapide et puis au bout du compte que ça tire moins d'énergie que le processeur chauffe moins, donc ça ne change pas (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Le jugement de la dimension verte d'un projet à travers l'efficacité ne se fait pas en fonction de sa finalité mais de son processus. Il ne s'agit pas d'un objectif téléologique, mais praxéologique.

En tant qu'ingénieur, il y a une responsabilité, une volonté, une obligation d'être efficace. Dans le fond, on peut fabriquer des éoliennes, ou on peut fabriquer des outils de forage pour faire du pétrole, mais dans leur fabrication on peut être très vert. Pourtant il y en a un qui creuse pour ramasser du jus et qui fait un désastre, et il y en a un autre qui ramasse du vent (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

C'est parce qu'efficacité et amélioration environnementale vont souvent de pair que le vert est alors souvent utilisé comme prétexte. « On peut utiliser le prétexte du vert pour tout ce qui se fait dans le monde, ce n'est qu'un critère. Moi je le vois ainsi » (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Ce peinturage vert ou *greenwashing*, en plus de donner une image socialement acceptable, peut aider à donner accès à de nouvelles sources de financement.

Cela rajoute encore à cette valeur purement marketing, qui concerne l'image de l'industriel en aéronautique qui travaille dans les technologies vertes, sur un avion plus vert, plus respectueux de l'environnement. Donc on a un peu cet aspect bonus qui vient se rajouter par-dessus et ce n'est pas anodin parce que ça va permettre d'aller chercher des financements convaincre des investisseurs... (Analyste/ingénieur, Consortium de recherche).

Toujours dans cette représentation de l'avion efficace, la nécessité de l'efficacité est poussée par la concurrence entre entreprises du secteur. Avoir un avion moins efficace, c'est prendre le risque qu'à terme, l'avion ne soit plus vendu et/ou autorisé à voler par rapport aux produits des concurrents.

Les normes environnementales, c'est des normes qui sont imposées par les gouvernements. Et le concept de l'avion vert c'est plus une amélioration de productivité parce que si on ne s'améliore pas de ce côté-là, on ne vendra pas d'avion, c'est les autres qui vont en vendre parce qu'ils sont plus performants, ils emmènent plus de monde, plus vite. Et ça coûte moins cher de les emmener là. Et il consomme moins de carburant parce que les gros coûts d'opération, c'est le carburant. Sinon on ferait des avions plus beaux, mais le beau n'est pas aérodynamique, ce qui est aérodynamique n'est peut-être pas beau. Quand on améliore l'aérodynamique, c'est pour prendre moins de carburants ou diminuer la traînée ou diminuer ça. Ceci fait que le concept de l'avion vert est un concept... (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

6.1.6. L'avion vert comme idéal d'avion totalement propre

La seconde représentation de l'avion vert part d'un constat unanimement reconnu chez les personnes interrogées : l'avion vert n'existe pas, et n'existera jamais.

En tout cas, il y a un consensus. [...] Un avion ne sera jamais vert on est tous d'accord là-dessus. On essaie de lui donner une petite tendance verte, mais ça restera toujours une source de pollution. On est d'accord là-dessus. Mais il y a énormément de gains à aller chercher, on peut diminuer l'impact énormément (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Si l'avion vert n'existe pas, de quoi parle-t-on alors ? « L'avion vert pour moi ça n'existe pas forcément un avion vert. Un avion de plus en plus vert peut-être ? » (Cadre supérieur, Consortium de recherche). Cette conception repose sur l'idée d'une amélioration environnementale continue.

Ici, c'est l'aspect environnemental qui prend le pas sur l'efficacité. « Je pense que c'est un avion qui respecte les générations futures. Pas présent, pas dans le but de dépenser moins d'essence, mais vraiment ce qu'on laisse aux futures générations » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre). L'avion vert est alors l'avion que l'on souhaite pour le futur et non l'avion du présent poussé vers l'avenir.

On ne pense pas assez au futur, on pense trop au maintenant. Pour moi l'avion vert, il pense au futur, ne serait-ce que son empreinte écologique, la vraie, pas juste celle calculée avec des cycles de vie et tellement d'approximation, et la vraie solution selon moi ça serait d'en avoir moins... (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

L'avion vert correspond donc à un objectif, un cap à suivre pour effectuer le développement technologique. Un idéal d'avion totalement propre, donc quelque chose d'inatteignable, mais permettant de donner une grille de lecture, un chemin à suivre, un élément de compréhension commun à différents acteurs leur permettant de s'orienter.

Dans cette représentation, l'avion vert n'est jamais donné, jamais réel, toujours un mirage vers lequel s'orienter, et les technologies et produits actuels des éléments à améliorer. Cela pousse donc les acteurs s'y référant à éviter au maximum le peinturage en vert.

On fait très attention pour ne pas faire de *greenwashing*. On a un mot d'ordre de ne pas mettre trop en avant l'aspect vert au niveau de la communication extérieure. Parce que même si on

essaye d'en faire beaucoup, notre produit repose sur l'essence. La tentation est là, mais on essaye de s'en prémunir. Même si on consomme 30% ou 40% de moins que nos concurrents, ça reste encore trop (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

6.1.7. *L'avion vert : une orientation de l'innovation*

Ces deux conceptions ne sont pas contradictoires l'une avec l'autre. Il s'agit plus d'une pondération entre ces deux conceptions, l'une insistant sur la fin, l'autre sur le moyen. Elles peuvent être réunies à travers la recherche d'innovation, qui correspond à la réalité du secteur. « L'innovation en aéronautique concerne cet aspect-là : comment rendre l'avion plus respectueux, moins cher à exploiter, plus durable » (Analyste/ingénieur, Consortium de recherche). Cela pousse même à une redéfinition du concept d'avion en fonction de sa performance environnementale et non plus de ses performances technologiques ou de sécurité aérienne.

Quand on regarde les performances techniques en termes de vitesse je pense que ce n'est plus un critère en ce moment. Sinon le Concorde on le ferait encore. [...] Les avions de ligne volent tous plus ou moins à la même vitesse à 0.8/0.85 Mach. Ils volent tous à cette vitesse-là, donc le côté performance en termes de vitesse... (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

C'est donc à une réorientation générale de l'innovation vers l'environnement à laquelle on assiste dans le secteur aéronautique.

L'environnement est l'un des objectifs d'innovation qu'on a établis. [...] Historiquement ont toujours été utilisés des procédés qui ont vraiment fait décoller notre industrie et puis des procédés qui ont été, qui sont très performants. Puis on se rend compte maintenant de plus en plus qu'on découvre certains aspects qui ont été découverts, mais qui n'ont pas été légiférés. [...] La plupart des projets qu'on regarde actuellement sont beaucoup orientés dans ce sens de l'environnement. [...] Pour l'instant, on a 90% de nos projets de R&D qui sont d'une manière proche au moins, reliés avec l'environnement (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Reste à déterminer comment se passe cette réorientation. C'est l'objet de la section 6.2.

6.2. L'avion vert : comment ?

Dans le cadre de cette recherche, deux leviers d'action permettant la réalisation de l'avion vert ont été identifiés : les aspects technologiques et les aspects managériaux.

6.2.1. Aspects technologiques

Réaliser un avion vert, c'est intervenir en amont — c'est-à-dire pendant la conception et la fabrication de l'avion, pendant la phase d'opération de celui-ci et en aval — à la fin de la vie utile de l'avion. Dans la présentation de ces trois aspects, les aspects liés aux opérations sont présentés dans la section 6.2.1.2 même s'ils nécessitent une intervention dans la phase amont de conception. Cette section ne vise pas à l'exhaustivité, mais à illustrer différents travaux reliés à l'avion vert, réalisés au sein de la grappe québécoise, permettant de saisir la complexité et les défis concrets relevés par l'industrie.

6.2.1.1. Impact durant la phase de conception-fabrication

La phase de conception peut en elle-même selon plusieurs intervenants être optimisée pour limiter le gaspillage, et notamment en liant mieux les attentes des clients avec les recherches et le développement en cours. « En conseillant bien le client dans son processus de design et d'essais pour les systèmes avioniques, de le faire de la bonne façon pour ne pas recommencer et puis que ça ne coûte pas un montant infini d'argent et qu'il n'y ait aucun résultat » (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Il en va de même pendant la phase de fabrication de l'avion où le gaspillage de matières premières peut souvent être minimisé de façon importante : « en aéronautique, le *buy to fly ratio* n'est pas très élevé, si tu achètes une livre de matériel pour une pièce, il y a 15 grammes qui vont voler. 85% du matériel est rejeté » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre). D'importants gains peuvent être effectués, des efforts sont donc faits pour essayer de réduire cette surconsommation lorsqu'elle est inutile.

On essaie de contribuer [à l'avion vert] en respectant les objectifs de [notre compagnie] à ce niveau là en fait, les objectifs en termes d'élimination des gaspillages, en termes de méthodes de travail, on suit les *deadlines* de la compagnie majoritairement, de standardisation (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Par ailleurs, il y a une volonté de diminuer les matériaux et procédés dangereux lorsque ceux-ci sont utilisés, comme par exemple le recours à des peintures toxiques, l'usage de chrome, etc.

Une fois que la pièce est faite, c'est au niveau des procédés qui sont utilisés, donc pour les protéger contre la corrosion, contre l'usure. Est-ce que c'est des procédés qui vont nous aider à faire des rejets dans l'environnement qui ne sont pas bons ? (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Un autre aspect pouvant être amélioré consiste à diminuer la quantité d'essais en vol. En effet, ceux-ci peuvent souvent être réalisés dans des conditions tout aussi sécuritaires, mais en diminuant leur nombre pour ne faire que le minimum d'essais en vol nécessaire. Une première piste consiste à augmenter le nombre de tests en simulation, ce qui dans plusieurs domaines est ou serait possible, dès aujourd'hui, ou en améliorant les logiciels de simulation. Toutefois, l'obstacle est souvent législatif, les tests devant être faits grandeur nature. La deuxième piste d'amélioration consiste à remplacer plusieurs types d'essais en vol par des essais au sol, consommant moins, et dont les conditions de test sont plus facilement contrôlables.

Aujourd'hui les tests en vol ça coûte très cher et en plus ce n'est pas très bon pour l'environnement parce que ça consomme vraiment beaucoup. C'est assez discutable et on est capable aujourd'hui de remplacer ces tests en vol par des tests au sol. Mais il faut augmenter la rigueur parce que la rigueur au test en vol est maximale, forcément ! Donc on veut rechercher la même rigueur au sol, se mettre à ce niveau et après être capable de dire « est-ce qu'on fait ça au sol versus en vol ? Est-ce qu'on met en commun les données ? » ça va donner une perspective beaucoup plus grande (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Une troisième voie consiste à optimiser le séquençement et les procédures de test pendant les phases d'essais en vol. Grâce à des outils de gestion, on peut optimiser cette étape nécessaire à la certification d'avion.

Lorsqu'ils vont faire des essais en vol, ils doivent être efficaces. Ils ne doivent pas aller en vol pendant 2 heures, juste pour faire 1 ou 2 points d'essais. Il faut qu'ils en fassent le plus possible. Comment on optimise ça ? Comment on envoie un avion plein d'ingénieurs d'essais, pleins de filage, pleins d'instrumentation pour qu'il soit le plus efficace possible dans son 2 heures de vol ? On va essayer de combiner des points d'essais, des points de vérification qui sont passifs, transparents à ce qui se produit ou ce qui se gère en même temps. Tout ça dans un

contexte d'optimisation de conditions météo [...] Cela permet de retrancher des mois dans des programmes d'essais de gros fabricants (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Enfin, une quatrième et dernière possibilité d'optimisation consiste à effectuer des tests en vol sur des plus petits avions lorsque c'est possible, par exemple pour la certification d'équipement électronique.

Là où on va contribuer énormément pour l'environnement, c'est que les systèmes embarqués qui doivent être mis à l'essai par exemple pour un gros porteur, est-ce qu'on essaie ce système dans le gros porteur vide avec des sacs d'eau sur chaque banc de passagers ? Non on les essaie dans un avion de 9 places, mais qui a les mêmes performances qu'un gros porteur. Le système sera heureux dans son banc d'essai en vol dans un avion super économique, super petit, super performant et qui va fournir des données et qui va opérer dans un même environnement que le gros porteur (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

6.2.1.2. Impact durant la phase d'opération

La plupart des personnes interrogées l'ont affirmé, si on peut faire de grands gains en amont et en aval de la phase d'opération, c'est cette dernière qui représente l'impact environnemental le plus important, et donc où le gain potentiel est le plus grand. « Le gros de la dimension environnementale, c'est la consommation de carburant en phase d'opération. Elle est liée au poids ». En diminuant le poids, cela permet une réduction des polluants locaux et globaux. « C'est la grosse composante, les NOx et le CO2. Il y a déjà de gros objectifs de diminution de 50 ou 80% des NOx » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre). Cette section vise à présenter différents projets d'amélioration potentiels que l'on retrouve dans la grappe québécoise, permettant de mieux saisir la complexité et la diversité d'action possible pour diminuer l'impact environnemental d'un avion vert. Aucune de ces technologies ou techniques ne représente plus que quelques pourcentages d'amélioration et certains peuvent paraître négligeables par rapport à d'autres. Pourtant, ils ne le sont pas. Car c'est le recours combiné à ces différents éléments qui permet d'alléger grandement le poids et la consommation d'un appareil.

Le premier élément auquel on peut penser est l'amélioration de l'efficacité des moteurs de l'avion. Par exemple, l'utilisation de turbosoufflante à réducteur (*Gear Turbofan*) permet des

réductions de 10 à 20% de la consommation d'essence, et donc des émissions de polluants locaux et globaux.

Plus marginal, mais néanmoins à l'étude, il est possible de diminuer le poids sur le **contenu transporté** dans l'appareil. Par exemple on peut diminuer le poids de l'avion en remplaçant les manuels, plans, cartes, etc. D'une version papier à une version numérique.

Si je vous dis que depuis 1995, au lieu qu'à toutes les 2 semaines il y ait une nouvelle édition de l'équivalent de 10 bibles — ancien et nouveau testament ensemble — à toutes les 2 semaines l'industrie aéronautique republie, réédite 10 bibles, à toutes les 2 semaines ! Pour la mise à jour de l'information de la cartographie concernant les aéroports, les aides à la navigation. Grâce à nous aujourd'hui, ça se fait sur un seul DVD. Donc les 40 000 aéroports du monde lorsqu'il y a une antenne cellulaire qui pousse à côté de l'aéroport, ou lorsque la piste change de longueur, peu importe, en ce qui concerne l'approche design que l'avion doit faire autour la piste, maintenant ce n'est plus du papier c'est rendu électronique. Alors on en a sauvé des forêts, c'est hallucinant. Vous savez les grosses valises que portent les pilotes dans les aéroports, c'est ça les 6, 5, 8 dictionnaires de publications mises à jour toutes les 2 semaines. Maintenant c'est *wireless* avec un iPad. On rentre un code, on met à jour et c'est fini (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Il en va de même avec l'équipement de cabine - sièges pour les passagers, utilisation d'écrans plats, plus légers, moins consommateurs d'énergie, etc.

Sur l'appareil lui-même, il y a beaucoup de R&D effectués concernant l'utilisation de nouveaux **matériaux plus légers**.

La réduction de poids c'est surtout au niveau des matériaux. [...] Ce qui est difficile avec les matériaux composites, c'est qu'encore là, c'est nouveau, le manque de données sur la fatigue, sur le stress. C'est tous ces tests qui sont à faire et avant d'avoir une certification là-dessus, c'est long c'est des trucs qui demandent énormément de recherches, la propagation des fissures, tout ça (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche).

En plus de diminuer le poids d'un aéronef, l'usage de matériaux composites⁴⁰ permet également d'améliorer l'aérodynamique lorsque les pièces usinées sont en contact avec l'air, car elles sont plus lisses. Par ailleurs, les coûts de maintenance sont réduits, car ce matériau

⁴⁰ Les matériaux composites représentent un assemblage d'au moins deux matériaux non miscibles dont les performances sont supérieures à celles de ses éléments pris séparément. Il est souvent constitué d'une ossature - le renfort - qui assure la tenue mécanique, et d'une protection - la matrice - qui permet la cohésion de la structure ainsi que le transfert de charges entre les renforts. D'autres additifs permettant de modifier les caractéristiques du matériau peuvent également être ajoutés (Composite, 2012).

est potentiellement moins sensible à la fatigue et à la corrosion. « On vise toujours à avoir des [produits] moins lourds, historiquement on a toujours cherché ça. Et maintenant ça devient beaucoup plus intéressant, car ceci est une exigence du client » (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

L'utilisation de ces matériaux correspond à une petite révolution dans le secteur aéronautique, car ils peuvent servir dans à peu près toutes les parties d'un avion : fuselage, ailes ou même moteur, et correspond à un enjeu majeur du secteur au Québec comme à l'étranger (voir par exemple Finley, 2008). Cela fait de cette question une des principales aujourd'hui et pour les années à venir.

Quand on regarde les matériaux composites, c'est quelque chose qui va nécessiter beaucoup de développement qui a un potentiel de développement encore bien important parce qu'il y a encore beaucoup d'inconnues. Ça va rester un des créneaux forts pour les prochaines années (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Avoir un fuselage en composite représente un ensemble important d'enjeux en terme de développement de nouvelles connaissances du matériau, des processus de fabrication, du comportement sur le temps de ces matériaux. « Cela a représenté 6 ans de R&D pour avoir une partie [de notre produit] en composite. C'est un projet parmi tant d'autres » (Cadre supérieur, Maître d'œuvre). Les questions quant à l'usage de ces matériaux sont toutefois nombreuses. Elles posent par exemple des questions de sécurité, les couches pouvant se détacher, des questions concernant les impacts sur la santé, ou encore sur le cycle de vie de ces matériaux.

L'**instrumentation** au sein de l'avion correspond également à une transformation technologique de ce dernier, permettant d'améliorer son rendement environnemental, en rendant l'appareil « plus intelligent », c'est-à-dire en ayant une réponse plus adaptée à l'environnement extérieur, car sensible à plus de paramètres et avec des algorithmes de décision plus élaborés. Par exemple une des entreprises travaille sur un instrument permettant de contrôler en temps réel les paramètres aérodynamiques de l'avion, permettant à la fois d'améliorer les instruments actuels, mais permettant également de réaliser si un nettoyage ou un entretien serait nécessaire pour gagner en efficacité, et donc en rendement du carburant

utilisé durant le vol, permettant des gains d'efficacité de l'avion en vol de quelques fractions de pourcentages à quelques pourcentages.

Cette meilleure instrumentation s'inscrit dans un mouvement global d'une avionique plus intelligente, permettant de prendre en considération un grand nombre de paramètres à travers une série de capteurs. Cette « intelligence embarquée » reposant sur les progrès en informatique et en électronique embarquée permet de repenser la façon de voler, par exemple en travaillant sur des trajets optimisés en fonction des vents, de la courbure terrestre, des autres vols.

Concrètement on veut trouver des routes de navigation qui vont être plus efficaces et faire consommer moins d'essence. Un exemple : si on prend un modèle d'avion, on a des radars qui peuvent prédire les vents et l'avion peut modifier sa trajectoire en fonction de ça pour éviter les vents frontaux. Il y a donc beaucoup dans l'avionique qui peut supporter des décisions de trajectoire qui vont minimiser la consommation, il y a des gains assez importants à faire. C'est très dur à estimer parce que ça dépend de l'avion, de la route et de beaucoup de variables. Je n'ai pas de chiffres exacts, mais on peut parler de 10 à 15% de réduction sur une route typique (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Il en va de même avec l'atterrissage à l'approche d'un aéroport, se faisant par paliers plutôt que d'une façon continue visant à minimiser la consommation de carburant.

Il y a tout le calcul de trajectoire. Typiquement les avions font du *step and climb*, monter, faire un plateau, monter, donc ce n'est pas une consommation efficace. Le but c'est d'effectuer des *continuous climb*, *continuous descent*, qui font une parabole, qui sont beaucoup plus efficaces en termes de consommation d'essence. C'est des calculs qui se font par l'avionique (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Par ailleurs, pour des raisons de sécurité aérienne, les procédures actuelles peuvent faire tourner les avions autour de l'aéroport pendant un temps non négligeable pour des raisons de logistique et d'ordonnement d'atterrissage, loin d'être optimal. Les travaux de R&D sur l'avionique embarquée permettront aux appareils de se reconnaître les uns - les autres et de communiquer avec la tour de contrôle afin d'établir une procédure permettant de réduire le gaspillage de temps et de kérosène tout en conservant des normes de sécurité tout aussi strictes.

Lorsqu'un avion atterrit dans un aéroport très sollicité comme Chicago ou New York, si les routes sont mal planifiées ou les avions retardés — par exemple pour des raisons météorologiques — ils n'ont pas d'accès à l'atterrissage, ils doivent alors tourner en rond pour attendre le *clearing* pour atterrir. Ça, c'est des pertes d'essence et de la pollution sonore. Avec

les technologies d'avionique ce qu'on peut faire c'est de mieux prévoir le trafic aérien et tout leur système de communication entre les contrôleurs et les avions. Mieux prévoir les départs et arrivées afin d'éviter les attentes. C'est très connecté aux réductions de consommation (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Cette augmentation de « l'intelligence embarquée » de l'avion à travers l'avionique va de pair avec l'**électrification** de l'avion ou de l'avion électrique (Godart, 2012), c'est-à-dire le remplacement des contrôles mécaniques, hydrauliques — prenant du poids — par des contrôles électroniques, plus léger. « L'électronique va prendre beaucoup d'espace, parce que tout se contrôle de façon électronique maintenant. Les communications, ça va être encore un gros domaine de développement. [...] L'intégration des systèmes électriques dans les avions, il va y avoir beaucoup de développement » (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche). Cette électrification de l'avion permet également de relier ces équipements entre eux à travers des bus de données, leur permettant à la fois de prendre des décisions plus optimales pour réduire la consommation d'essence, mais également de gagner en poids sur le câblage.

Un des aspects [de ces plateformes], c'est qu'il s'agit d'une belle architecture de cockpit qui fait en sorte qu'il y ait moins de *hardware*, plus de *software*, donc moins de poids, beaucoup moins de câblage. Ça, c'est excessivement lourd, et on le diminue beaucoup avec ces plateformes-là. On sauve du poids et conséquemment de l'essence (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Le design de l'appareil est lui-même l'objet de constants travaux, afin d'améliorer les **performances aérodynamiques** de celui-ci. « C'est sûr qu'au niveau de l'aérodynamique, des réductions de la trainée, il y a plein de recherche qui se fait là-dessus ». Là aussi, les avancées informatiques permettent des simulations et des optimisations aérodynamiques poussées, à travers l'amélioration des logiciels de simulation et l'augmentation de la performance des ordinateurs, en plus des travaux portant sur les connaissances en aérodynamique elle-même. « Des modèles numériques sur l'aérodynamisme qui vont diminuer la trainée et les tourbillons à l'arrière de l'aile qui se produisent, qui vont améliorer les propriétés aérodynamiques de l'avion [...] Il y a également beaucoup de travaux se faisant au niveau de l'optimisation des profils [de l'appareil] » (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche).

Plusieurs travaux visent également à diminuer l'utilisation de **produits polluants**, comme le cadmium, le chrome, etc. ou de produits néfastes, comme les huiles, ou l'utilisation d'huiles moins corrosives, etc.

Si l'on considère le kérosène comme un produit polluant — ou dangereux —, ce qu'il est effectivement, on peut intégrer les recherches portant sur les **carburants alternatifs**. L'industrie aéronautique n'effectue pas directement de recherches dans ce domaine, mais valide leur utilisation sur les appareils existants ou futurs, afin de certifier que l'usage de tels produits ne pose pas de problème de sécurité.

Les biocarburants, c'est super important. Il y a un 1er vol avec une algue qui a été utilisée comme carburant qui a bien fonctionné. Donc tout ce qui est à base de plante, en autant que ça n'a pas d'impact sur l'alimentation, avec les biocarburants de 2e génération, c'est comme ça qu'on les appelle. Il ne faut pas que ça ait un impact sur la chaîne alimentaire et le prix après ça (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche).

L'utilisation de biocarburants permet d'avoir un bilan neutre en CO₂, car les émissions lors de la combustion compensent l'absorption lors de la fabrication de ces derniers. Ils permettent également de diminuer de 50% les émissions d'aérosols, jusqu'à 25% de particules et jusqu'à 49% de carbone noir (CNRC, 2013).

L'utilisation de biocarburant fait l'objet de discussions et de controverses au sein de l'industrie « Les biocarburants, c'est une dimension extrêmement importante de l'aviation aujourd'hui sur lesquels il n'y a pas de consensus sur la manière d'y arriver et il n'y a pas de consensus sur quel est le niveau d'investissement » (Cadre supérieur, Consortium de recherche). Deux aspects sont particulièrement débattus. Tout d'abord, plusieurs posent la question de savoir s'il est dans la mission et dans l'intérêt de l'industrie aéronautique de travailler sur ces questions.

Le secteur des biocarburants, on n'a pas à s'en préoccuper, ce n'est pas notre activité, on ne sera jamais des producteurs de biocarburants, ce n'est pas à nous de développer la filière, ce n'est pas nous qui allons développer les biocarburants. On est un utilisateur parmi d'autres donc on a juste à attendre que le biocarburant soit près, comme tout autre secteur (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Toutefois, pour des considérations de nature stratégique, d'autres souhaitent s'investir dans la R&D, et dans l'industrie des biocarburants, afin de se les approprier lorsque ceux-ci seront autorisés dans le secteur aéronautique et disponible à grande échelle.

[En terme de] stratégie industrielle c'est-à-dire que les biocarburants, on le voit bien, si on voulait alimenter tout le secteur aéronautique aujourd'hui avec du biocarburant, [...] il nous faudrait une surface équivalente à la France en termes de plantation, ça n'a pas de sens. Et ça c'est juste pour le secteur aéronautique donc on n'en est pas là aujourd'hui, mais si on veut mettre la main les premiers, parce qu'il y a d'autres secteurs qui vont vouloir l'utiliser ce biocarburant, si l'industrie aéronautique veut mettre la main en tant que premier joueur, parce que c'est d'une importance stratégique pour le secteur, il va falloir qu'on soit associé depuis longtemps au développement du biocarburant. C'est là où il faut trouver des équilibres entre : — non on ne sera jamais des producteurs de biocarburant et — oui on a investi depuis le début de façon intime avec les acteurs de ce milieu-là nous allons mettre la main sur la production. C'est vraiment un enjeu parce que nous on ne peut pas utiliser le véhicule électrique, pour l'automobile c'est intéressant, mais pour l'aviation... il va falloir de longs fils ! Donc non, ce n'est pas vu comme étant une possibilité. Le biocarburant est vu comme un élément stratégique pour le secteur et vu le manque de volume actuel, il va falloir qu'on le traite avec précaution et avec une stratégie particulière. C'est là où je trouve que ce n'est pas facile de faire avancer tout le monde sur le même agenda ni la même vision (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

L'autre élément portant à controverse concerne l'intérêt des biocarburants d'un point de vue environnemental :

si on regarde les biocarburants, ça amène beaucoup de questions : pourquoi on fait du biocarburant ? Quand on commence à creuser là-dedans on s'aperçoit que ce n'est pas forcément parce que c'est plus vert, mais on s'aperçoit qu'il y a souvent des intérêts économiques très forts derrière (Analyste/ingénieur, Consortium de recherche).

Il est vrai qu'actuellement, c'est plus en terme d'image que ceux-ci sont intéressants : « être associé à la thématique des biocarburants, dès aujourd'hui, c'est très payant au niveau image publique, ce que la population comprend de l'importance de travailler sur des biocarburants, ce que le gouvernement peut voir l'industrie qui se prend en main » (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Encadré 6.2 - Les générations de biocarburant

S'il est vrai que les biocarburants de première génération posent des questions sur leur intégration dans une économie verte, c'est moins le cas des deuxième et troisième générations.

Les biocarburants sont divisés en trois générations (Garric, 2012) : ceux de *première génération* proviennent de récolte de colza, maïs ou autres céréales rentrant en concurrence avec l'alimentation humaine, ce qui a pour avantage de réduire le rejet de carbone, mais le défaut de provoquer la hausse des prix des biens alimentaires de première nécessité à travers les mécanismes de marché visant à l'établissement des prix, ce qui contrarie plusieurs acteurs.

Quand je pense par exemple à l'utilisation de combustibles différents, à base de biomachine, ce n'est pas évident ! Et puis quand on regarde les combustibles, quand on voit par exemple l'impact sur le coût du maïs, le fait de faire des combustibles c'est énorme, c'est tellement vaste comme impact qu'on ne peut pas se limiter uniquement au seul aspect où je veux économiser parce que je veux utiliser tel type de combustible plutôt qu'un autre, il faut voir l'impact que ça a à long terme (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Les biocarburants de *seconde génération* sont produits à partir de déchets ou résidus végétaux. Si ceux-ci ne rentrent pas en concurrence avec l'alimentation humaine, et présentent l'avantage de recycler les déchets, ils présentent comme désavantage actuellement de ne pas disposer des volumes nécessaires de déchets récupérés, ce qui nécessiterait un meilleur tri de ces derniers. Par ailleurs, les technologies à mettre en place sont plus complexes et plus coûteuses en terme d'infrastructure que les biocarburants de première génération. Enfin, les biocarburants de *troisième génération* ou agrocaburants sont produits à partir d'algues et de levures ou bactéries. La production peut alors se faire dans des zones désertiques, ou même dans des bassins, mers ou océans, et présente l'avantage d'un taux de rendement assez élevé — 7 à 30 fois la productivité de ceux issus du Colza (Héraud, 2013) — par rapport aux biocarburants de première et seconde génération. Leur culture nécessitant un apport en gaz carbonique, la production de carburant permet également de diminuer ou de recycler du CO₂ provenant d'autres émissions. Toutefois, les biocarburants de seconde et troisième génération font encore l'objet de R&D permettant d'augmenter leur efficacité et d'obtenir un carburant de bonne qualité en grande quantité.

Ainsi, si l'industrie avance et continue à travailler sur la question des biocarburants, les discussions sont toujours à l'ordre du jour.

Sur le biocarburant, c'est constant. C'est... jusqu'à où on va ? Quel est notre rôle ? Au niveau des algues ? Important ou pas, assez important ou pas ? Est-ce que le Canada devrait être un joueur là-dedans ? L'industrie se mouille jusqu'à quel point ? Là, on ne peut pas parler de controverses, mais on peut parler de débats extrêmement animés ! (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Enfin, un autre élément souvent négligé lorsque l'on parle de pollution consiste à diminuer la **pollution sonore**.

Le bruit aussi, c'est une composante à laquelle on pense moins, l'avion vert en termes de diminution de pollution sonore. Il y a une équipe [dans cette université] qui a des laboratoires et il y a quelques projets qui s'intéressent à ça, la réduction du bruit sur les appareils (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche).

Si la question peut sembler moins importante, elle n'est pas à négliger. Tout d'abord, il s'agit d'une dimension historique, un des premiers enjeux en terme environnemental de l'aéronautique. La principale source de bruit reste le moteur, mais les autres éléments (carlingue, train d'atterrissage, etc.) sont également source de pollution sonore sur lesquels la R&D est effectuée afin de réduire significativement les émissions sonores.

6.2.1.3. Impact en fin de vie

Il s'agit là d'une problématique relativement récente dans le secteur aéronautique, qui n'était pas étudiée jusqu'à récemment. Qu'advient-il d'un avion lorsque celui-ci arrive en fin de vie ? Pendant longtemps, il était simplement mis de côté : « je dirais que la recherche ne se portait pas là-dessus, c'était peut-être un moins à la mode, mais c'est une composante aérienne importante à ne pas négliger ». Mais au cours des vingt prochaines années, il y aura environ 250 à 300 avions commerciaux mis hors service par an. Aujourd'hui, les industriels s'intéressent aux questions de recyclage de celui-ci. L'avion vert, « c'est un avion qui est recyclable, très important parce que c'est bien beau de faire des avions et ensuite, ils traînent dans le désert de l'Arizona. Extrêmement facilement recyclable... » Plusieurs projets collaboratifs de R&D sont menés actuellement sur ces questions. Quels matériaux sont récupérables ? Quel traitement physico-chimique réaliser afin de les récupérer ? Ces questions doivent trouver des réponses.

Et même pour l'intérieur des avions, peut-être avoir des intérieurs plus écologiques qui se recyclent quand l'avion est en fin de vie.

Qu'est-ce qu'on fait avec l'avion ? Est-ce qu'il y a des moyens de revaloriser certaines parties de l'avion ? On a un projet actuellement de recherche qui est là-dessus. Est-ce qu'il y a des métaux qu'on peut récupérer ? Est-ce que les sièges on peut faire des tables, est-ce qu'on peut faire d'autres choses avec ? Qu'est-ce qu'on peut récupérer ? Et comment remettre ça dans des filières industrielles pour les revaloriser ? Donc tout ça, on en parle moins parce que quand on parle de l'avion du futur, on pense toujours en termes de propriétés aérodynamiques, de carburant, de poids, mais ça aussi je pense qu'en fin de vie, c'est super important c'est un peu oublié dans la recherche. [...] non pas oublié, mais ce n'est pas ce qui est *in*. [...] ce n'est pas qu'est-ce qu'on fait après. Ça le devient (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche).

Plusieurs matériaux posent des problèmes. Par exemple, plusieurs questions se posent sur l'utilisation des matériaux composites, et leurs réutilisations ou leurs recyclages.

On avait cette question, à savoir le composite, est-ce que c'est une matière recyclable. L'avion à un cycle de vie plus grand que s'il est fait en aluminium, parce qu'il n'y a pas de corrosion qui peut s'installer dans le composite, mais en même temps, le composite, qu'est-ce qu'il y arrive quand l'avion s'en va au cimetière des avions, quand il aura complété son cycle de vols ? On a une réponse, mais à moitié. Là encore, il faudrait qu'on investigate un peu plus pour avoir une meilleure réponse (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Plusieurs utilisations sont possibles, mais pas pour tous les types de matériaux composites. Toutefois, les acteurs sont confiants que d'ici à ce que ces nouveaux avions soient en fin de vie, ces questions auront trouvé réponse.

On a 20 ans pour régler ça. Il y a des programmes de recherche là-dessus, il y a déjà une application fin de vie : là on les broie et on les envoie pour faire de l'asphalte, et on les ajoute pour faire du remplissage comme Mc Donald fait du remplissage dans nos boulettes de viande avec d'autres choses que de la viande. Nous on reprend ça, on fait ça dans le bitume on rajoute du matériau dans le bitume et on fait du remplissage. Il y a déjà des applications de ce côté-là, mais c'est sûr que là, on regarde de plus en plus le cycle de vie complet. [...] Les composites en *thermoset* ne sont pas recyclables directement, mais il y a plusieurs projets de recherches là-dessus (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Enfin se pose la question de l'impact des composites sur la santé : « Quand je vais utiliser du composite, naturellement l'avion est plus léger, mais [...] ça a un impact sur la santé éventuellement » (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Toutefois, il s'agit là de questions qui devront de plus en plus souvent être réfléchies dès la phase de conception, afin de maximiser la récupération, et diminuer l'impact environnemental, mais également augmenter l'impact économique de la récupération.

Dans la phase de conception on pourrait penser à comment on va l'utiliser en fin de vie. [...] il va falloir s'intéresser à la revalorisation des matériaux de l'aluminium, du cuivre, des sièges,

de la carcasse d'aluminium, donc tout ce qu'on trouve dans les avions en fin de vie (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche).

Ces questions de recyclage n'ont pas qu'un impact environnemental, mais également économique, car les revenus réalisés de la récupération de matériaux sont loin d'être négligeables d'un point de vue économique.

Mais je pense qu'il y a peu [...] de projets qui ont dressé un modèle d'affaires, ça, c'est plus une question de modèles d'affaires, qu'est-ce qui a une valeur, qu'est-ce qui n'a pas de valeur. Comment on donne de la valeur à ce qui en a ? Comment on s'intègre un réseau de distribution là-dessus ? (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Ce qui est intéressant, c'est que l'idée même de l'avion vert (cf. section 6.1), permet d'avoir une nouvelle représentation des modèles d'affaires liés à l'aviation permettant des formes d'innovation sociale visant à revaloriser, et à rendre viable économiquement la récupération des matériaux en fin de vie de l'avion.

Ce qu'on veut tous faire, c'est un peu l'innovation. On veut tous faire des percées, ça, c'est plus une innovation sociale en fait, c'est plus un cadre où on dit comment on récupère en fonction d'un processus d'affaires pour générer de la valeur en différents points (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche).

6.2.1.4. Un outil intéressant - L'Analyse du cycle de vie (ACV)

On l'a vu à travers les sections 6.2.1.1 à 6.2.1.3 concevoir un avion vert nécessite de se poser des questions sur la phase d'opération de l'avion, son amont, et son aval. « Il faut qu'on couvre l'ensemble du cycle, c'est ça un avion vert ». Un outil initialement inutilisé et l'étant de plus en plus depuis quelques années seulement est l'analyse de cycle de vie ou ACV, qui vise à étudier les impacts environnementaux d'un produit, d'un service, d'une entreprise ou d'un procédé.

L'ACV, c'est depuis l'extraction des matériaux, donc la phase de fabrication, utilisation, recyclage et transport à chaque fois. Pour différents aspects, on regarde ça à chaque fois. Pour chacun on fait l'inventaire des types d'émission, donc là il y a plein plein de critères... Parce qu'on peut regarder juste l'empreinte carbone, donc l'aspect qui concerne l'aspect changement climatique. Mais on peut regarder. Tout ce qu'il y a sur l'eau, les matières dangereuses, la santé humaine, la toxicité, les effets cancérigènes. Donc tous ces aspects-là (Cadre intermédiaire, Université/Centre de recherche).

L'intérêt de cette approche est qu'elle est multidisciplinaire, et qu'une fois effectuée, elle permet de prendre une décision sur un compromis en fonction des requis.

L'analyse du cycle de vie et c'est l'approche qu'on appelle holistique qui permet d'avoir une approche globale sur toute la durée de vie et les différentes étapes de vie d'un produit, d'un service. Ça permet d'avoir une vision globale et de ne pas transférer des impacts d'un moment à l'autre, d'une étape à une autre. On prône l'analyse du cycle de vie et dans ce contexte-là, l'évolution de l'avion vers l'avion vert, ça passe par des analyses du cycle de vie. Et l'analyse du cycle de vie comme outil pour trouver des solutions ou faire des comparaisons entre les solutions et prendre des décisions. L'analyse du cycle de vie, c'est un outil pour prendre des décisions. Quand on veut améliorer les choses, l'analyse du cycle de vie nous permet de savoir quand on a 1 \$ à investir, où il faut l'investir parce que c'est plus d'impact à long terme (Cadre intermédiaire, Université/Centre de recherche).

Il ne s'agit pas du seul outil qui pourrait être utilisable, mais il présente l'intérêt d'être proche des outils de l'ingénieur, donc culturellement assimilable dans le cadre de la culture d'une équipe de R&D.

Je pense que L'ACV, une fois qu'on a pris connaissance de ce que c'était, c'est un outil assez puissant et rassurant. Quand on dit qu'on travaille avec un groupe qui est expert dans ce domaine-là et qu'on va suivre ces critères-là, je pense qu'ils sont rassurés de travailler avec nous parce qu'ils savent qu'ils ne se trompent pas beaucoup [...] Il y a des outils, il y a une transparence. Il y a des méthodologies utilisées, il y a des normes ISO. En ce moment, je pense que l'ACV, c'est comme le top en terme environnemental (Cadre intermédiaire, Université/Centre de recherche).

Grâce à cette méthodologie caractéristique des méthodes de l'ingénieur, il s'agit d'un outil puissant que ces derniers « arrivent à comprendre. Ça sort de l'information qu'ils sont capables de décoder, ou avec laquelle ils peuvent prendre de décisions c'est sûr ça les rassure » (Cadre intermédiaire, Université/Centre de recherche).

Toutefois, plusieurs problèmes se posent pour une utilisation optimale de l'ACV, notamment en terme de partage et de diffusion des données, souvent protégées par les entreprises. Cet aspect va devenir de plus en plus central dans les années à venir.

La confidentialité quand on fait de l'ACV, [...] l'aspect confidentialité est grand parce qu'on va aller chercher de l'information en matière stratégique pour une entreprise. Par exemple dans ce domaine, si on joue avec XYZ Aircraft Avion 123, ABC Aviation qui ont plein de fournisseurs, eux ils assemblent les choses, qui fabriquent certaines parties. Il y en a qui fabriquent certaines parties, il y en a qui ne fabriquent absolument rien. Ils vont juste aller chercher puis assembler. Pour avoir le portrait global d'un produit, il va falloir aller chercher de l'information chez leurs fournisseurs. Et ça, c'est sensible, les fournisseurs ne sont pas encore habitués à fournir ce genre de données qu'on va demander. On va demander l'énergie

qu'ils utilisent, les ressources qu'ils utilisent. Ça peut paraître comme des données stratégiques. Du coup il y a cet aspect qui est problématique dans la collecte de données. L'aspect collecte de données c'est un aspect difficile (Cadre intermédiaire, Université/Centre de recherche).

À partir de l'ACV, il est possible de chercher à appliquer ces méthodes lors de la phase de conception, ce que l'on qualifiera alors d'**écoconception**. « Un des problèmes de l'analyse du cycle de vie, c'est qu'on a le résultat quand tout est fini. Alors que l'écoconception est un outil permettant de concevoir, donc en amont. L'écoconception est un processus permettant d'aider à prendre des décisions ». La section 7.2.3.3 du chapitre 7 précise quelques spécificités liées à l'écoconception.

6.2.2. Aspects managériaux

Au-delà des aspects technologiques, on a pu observer que l'avion vert résultait également d'aspects managériaux.

L'avion vert, l'avion plus écologique ce n'est pas seulement au niveau du produit, mais aussi au niveau de la façon dont l'industrie doit s'organiser pour générer ce genre de produit là. Donc environnementalement, il est aussi question d'organisation entre les joueurs. Donc pour rendre ça efficace, puissant, il ne faut pas que cela soit fait en silo, il faut que ce soit fait en communauté (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Il y a une institutionnalisation de l'avion vert à travers plusieurs initiatives collaboratives autour de celui-ci.

On a 2 initiatives, on ne va pas oublier le CRIAQ, parce qu'il a un côté environnemental, il y a un thème sur ça. On a le GARDN qui a été créé il y a 2-3 ans. Et puis maintenant le SA2GE avec l'avion écologique il y a plein de projets et on a une réflexion avec la nouvelle stratégie québécoise pour recherche et innovation, ce qu'on appelle SQRI 3 (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

L'organisation de l'industrie et des entreprises au sein de celle-ci a un impact considérable sur le partage de connaissance et l'organisation technique de l'avion.

Pour revenir à l'avion vert, le problème c'est que sur l'aspect efficacité économique et efficacité environnementale, lorsqu'il y a de grandes distances, lorsqu'il y a de grands délais, lorsque les ressources sont éparpillées, qu'il n'y pas de cohésion, tout cela engendre des délais, des coûts. Lorsqu'on peut faire ça dans une communauté dont le travail partagé est reconnu, dont chacun a sa niche, chacun a ses responsabilités, je pense que ça peut être beaucoup plus efficace (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Cette question des aspects managériaux de l'avion vert n'est toutefois pas développée dans cette section, mais fait l'objet du prochain chapitre.

6.3. L'avion vert : pourquoi ?

Dans les deux précédentes sections, on a vu que l'avion vert correspondait à une réalité de la recherche, et une orientation de l'industrie. On a vu comment il était mis en œuvre. La question des causes de cette volonté se pose toutefois : est-ce une attente de l'extérieur ou provenant de l'industrie elle-même ? Il est très important d'aborder cette question afin de ne pas avoir de l'avion vert une vision uniquement fonctionnaliste, mais également de comprendre la dimension symbolique que celui-ci peut représenter.

Tous les acteurs ne s'entendent pas sur les facteurs conduisant à l'avion vert. Certains y voient un virage de l'industrie dans ses modes de raisonnement, d'autres n'y voient qu'un opportunisme correspondant aux exigences de coût et de réglementation, ce qui correspond aux deux conceptions de l'avion vert comme idéal d'avion totalement propre et comme avion efficace.

Je doute que le but soit vraiment d'avoir un avion vert. Dans le fond, le monde ne fait pas ça par conscience environnementale, c'est plutôt par conscience de vendre des produits en assurant un profit aux actionnaires. Oui, ils vont développer un avion plus vert si c'est un besoin, si c'est imposé par les normes internationales. Ils ne vont pas le faire... en tout cas... la conscience corporative n'est pas si verte que ça (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Cette section expose les facteurs exogènes et endogènes à l'industrie, et essaye de synthétiser les causes de l'avion vert et montre une forme d'endogénéisation à travers le temps.

6.3.1. Les facteurs exogènes

Nombre d'acteurs le reconnaissent, l'intérêt de l'avion vert provient généralement de facteurs exogènes. « Je serais hypocrite de dire qu'on a le mérite de ça. C'est beaucoup de pression de l'extérieur, beaucoup de pression du client » (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier). Souvent, la dynamique est double — exogène et endogène, mais généralement, elle vient initialement de l'extérieur.

Je pense que fondamentalement sur l'avion vert il y a deux aspects : il y a l'aspect de la prise de conscience des gens sur des aspects plus verts qui vient pousser dans un sens, mais on a surtout les aspects économiques qui viennent pousser. Et à l'heure actuelle, les aspects économiques sont vraiment prépondérants par rapport au ressenti du vert. ET si demain matin on trouve une technologie qui fait vraiment diminuer les coûts d'opération, mais qui pollue plus, je ne suis pas sûr qu'on ne le fasse pas. Parce que ce qui pousse vraiment à l'heure actuelle c'est le coût d'exploitation et ça amène des incohérences dans des projets (Analyste/ingénieur, Consortium de recherche).

On peut reconnaître plusieurs facteurs exogènes à l'entreprise œuvrant dans le secteur aéronautique : l'État, les clients, les nouveaux entrants, la concurrence décrits dans cette section.

6.3.1.1. L'État et la réglementation

La plus visible, et peut-être plus contraignante des forces extérieures est celle jouée par l'État à travers la réglementation.

Dans l'avion, il s'agit de comprendre les enjeux. S'il n'y a aucune valeur à être propres, les gens ne sont pas propres c'est tout. Ça prend des contraintes, une législation. Les crédits de carbone, c'est merveilleux, le fait qu'on réglemente au niveau du bruit, qu'on réglemente au niveau de la consommation de carburant (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

C'est initialement à travers le rôle des États et gouvernements que la dimension environnementale a commencée à être traitée avec une importance grandissante.

Pourquoi ça a été pris au sérieux ? Parce que quand vous mettez en place des règlements qui imposent que l'avion respecte certaines conditions environnementales, eh sinon, c'est très simple vous n'atterrissez pas ! là c'est pris au sérieux. Les compagnies disent « un instant, on va y perdre ». Et automatiquement ils prennent ça au sérieux et si vous voulez c'est pour ça que ça a eu un impact à l'échelle mondiale parce que tout le monde a dit « un instant on ne peut pas opérer si on ne respecte pas les normes » et les normes sont de plus en plus serrées (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

En contraignant les acteurs, ceux-ci n'ont pas le choix, si l'avion n'est pas certifié, il ne vole pas. La réglementation permet aux acteurs de s'emparer de la question environnementale, en les incitant à agir, ce que les acteurs observent à travers le cahier des charges.

Je pense que c'est un *flow down*, je crois profondément que ça vient d'en haut, ça vient des lois, des gouvernements finalement, comment ces gouvernements instaurent ces lois et plus ces lois seront restrictives et plus les industries, les compagnies vont être obligées de s'aligner là-dessus (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Cette réglementation est jugée insuffisamment sévère par plusieurs acteurs : « je suis certain qu'elle peut être améliorée de beaucoup avec la réglementation du trafic aérien dans les prochaines années, les prochaines décennies, on n'a pas le choix de s'en aller vers ça » (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche). Cette absence de sévérité provient de la lenteur des modifications réglementaires, car pour assurer une bonne régulation du trafic aérien, les États s'organisent afin de garder une cohérence au sein de l'OACI. Mais tous les États n'avancent pas aussi vite, ce qui pose parfois des problèmes, et poussent certains acteurs à vouloir réguler en dehors de cette instance internationale comme dans le cas des directives de l'Union européenne sur les émissions de gaz à effet de serre *EU Emissions Trading System (EU ETS)* qui après avoir été promulguées ont finalement été reportées dans l'espoir d'une solution internationale menée à l'OACI. Par ailleurs, pour réglementer, les États prennent en considération les avancées techniques dans le secteur « la réglementation, elle ne se fait pas en disant "regarde je mets quelque chose d'inatteignable tout ça là..." il y a un équilibre qui se fait entre les deux » (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Souvent, la réglementation peut s'appliquer à un niveau local, notamment en terme de pollution sonore, ayant alors un grand impact à travers les clients qui souhaitent pouvoir atterrir dans ces aéroports. « Le client, parfois, il s'en fout du bruit, mais il veut être capable d'atterrir dans tel aéroport où il va magasiner » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Parfois, c'est les autorités de réglementation qui prennent en charge la création de nouvelles procédures, nécessitant une nouvelle certification qui donne un avantage commercial aux acteurs dont les appareils sont compatibles. Par exemple le programme NextGen visant à optimiser les routes de navigation :

Le FAA investit massivement dans un programme de modernisation de gestion du trafic aérien — NextGen, et nous en tant que compagnie on veut être capable de jouer dans ce marché-là. Donc il nous faut les produits qui le supportent. Je dirais que c'est un impératif d'affaires d'abord, il faut être capable de supporter ce marché-là. Il y a des investissements à faire. [...] En parallèle en Europe c'est le programme CESAR, similaire au niveau des objectifs. [...] Lorsque NextGen sera déployé, les avions qui ne l'auront pas ne pourront pas accéder aux routes les plus efficaces, donc les avions qui auront le NextGen auront les *clearances* pour décoller dans des conditions météo moins bonnes, avoir une route plus efficace, atterrir sans trop de délais, alors que les autres vont devoir passer au second plan... [...] on anticipe une forte demande à ce niveau-là (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

6.3.1.2. Les clients

Une seconde raison pour laquelle l'industrie s'intéresse à l'avion vert provient des clients. Ceux-ci peuvent eux-mêmes être poussés par la réglementation (section 6.3.1.1) ou par la société (section 6.3.1.5). Selon sa place dans la chaîne de production, le client peut être le client final de l'appareil ou une autre entreprise du secteur aéronautique. Dans un cas comme dans l'autre,

ce qui pousse c'est toujours les clients. C'est comme ça. Nous on a de plus en plus des cahiers des charges de clients qui nous disent « moi je ne veux pas voir ce procédé-là il est pas bon pour l'environnement ». Il y en a qui viennent, qui disent, « faites-nous une liste de tous les procédés, on veut tous les produits que vous utilisez, on veut s'assurer qu'il n'y en ait aucun qui... » Et eux, ils doivent avoir les mêmes contraintes aussi. Ils doivent démontrer à leurs clients qu'ils ont choisi des fournisseurs qui ont respecté l'environnement (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Si tous les clients n'ont pas de telles attentes, « par exemple, le magnat du pétrole d'Arabie Saoudite » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre), la question environnementale est devenue une attente, un requis au même titre que celui-ci attend un certain niveau en terme technologique ou économique.

Le *focus* en environnement, avec toutes les régulations, c'est une pression qui est venue il y a au moins 10 ou 15 ans. Le concept n'est pas nouveau, mais avec le réchauffement climatique, les restrictions de bruit, l'augmentation du trafic qui exige moins de bruit aux alentours des aéroports, tout ça, c'est devenu normal. C'est une évolution normale. Et les constructeurs d'avions, de moteurs, etc. doivent répondre à ça (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Les clients, par exemple la compagnie aérienne, sont eux-mêmes soumis à la pression de leurs propres passagers, car la question environnementale touche toute la société.

Deux compagnies qui ont des produits, des billets équivalents à prix équivalents, de plus en plus l'aspect vert va avoir un impact commercial. Si ça a un impact commercial, et donc que je vends plus de billets d'avion même s'ils sont au même prix ou légèrement plus cher, ça va avoir un effet sur l'industrie (Analyste/ingénieur, Consortium de recherche).

Par ailleurs, deux autres facteurs influent les clients : l'augmentation du trafic aérien, de plus en plus congestionné, qui rend nécessaire de nouvelles méthodes d'optimisation qui sont par ailleurs plus efficaces au niveau environnemental, par exemple en limitant le temps de vol de l'avion.

L'autre facteur, très important est le prix du carburant. Celui-ci augmente depuis plusieurs années, et devrait continuer à augmenter du fait de sa rareté et de sa consommation de plus en plus importante, à partir du moment où le pic de Hubbert sera passé, c'est-à-dire au moment où la production sera inférieure aux attentes du marché.

Si vous prenez le prix du carburant, augmentez-le assez, vous allez voir que demain matin toutes les voitures vont être électriques. Laissez-le bas, il n'y a pas de voitures qui vont être électriques. [Pour l'avion, c'est la même chose]. Le fait que le carburant augmente, c'est la plus grande des dépenses des lignes aériennes dans leur contexte d'opération, ils vont tout faire pour économiser du carburant. Donc ils vont demander aux fabricants d'avions de leur fabriquer des avions plus économes. Donc ce sont les opérateurs qui donnent de la pression aux fabricants (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Nombre d'acteurs voient là un facteur économique essentiel à la progression de l'avion vert : « tout ça pris en compte, moi je considère que la consommation d'essence c'est le numéro un » (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

6.3.1.3. La concurrence

La troisième force en jeu provient de la concurrence entre les acteurs. On trouve là un double mouvement de mimétisme et de distinction. Mimétisme, car l'avion vert est aussi un objectif au dehors de la grappe aéronautique québécoise. Distinction, car peut-être plus qu'ailleurs, on cherche à utiliser cette caractéristique pour la différencier. Comme les clients ont des attentes, avoir un avion vert devient un différenciateur stratégique.

On a d'autres programmes d'avions qui s'en viennent, [...], et ils vont se tourner aussi vers le plus *lean*, le plus basé sur des critères environnementaux à respecter (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

À ce titre, elle rentre pleinement dans la stratégie de nombreuses organisations, et un positionnement par rapport aux entreprises concurrentes.

Cela vient des critères de marché, l'innovation, nos compétiteurs, la concurrence qui se tourne vers ça [...] L'intérêt était là, compétiteur, concurrence, marché, innovation, industrie. On n'avait pas le choix. On n'avait vraiment pas le choix (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Cela a des incidences dans les requis demandés aux départements de R&D des entreprises, qui ont pour rôle de rendre opérationnalisable cette vision stratégique de l'avion vert permettant de rendre leurs produits plus compétitifs.

Aussi pour pouvoir se placer d'une manière par rapport à la compétitivité « oui moi je suis capable de répondre à ce cahier des charges parce que j'ai ce qu'il faut pour ça ». Si mon compétiteur est capable de donner mieux, je sais que je vais perdre donc ça nous met en position de compétition, il faut suivre aussi. Je crois que c'est aussi beaucoup à ce niveau-là (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

L'existence de cette concurrence forte dans le secteur aéronautique permet un rapprochement au sein de la grappe québécoise. Les différents niveaux d'appartenance s'expriment par la négative, c'est-à-dire que deux organisations se reconnaîtront l'une l'autre comme plus proche qu'un concurrent extérieur, et seront plus à même de s'allier⁴¹. De ce point de vue, l'avion vert est un objet parfait de collaboration au sein de la grappe, car moins à même de susciter l'animosité (voir la section 7.4.5.2.a dans le chapitre suivant).

6.3.1.4. Nouveaux entrants

À côté des entreprises concurrentes, de nouveaux acteurs provenant principalement des pays émergents, mais également du Japon, entrent dans le secteur aéronautique.

Tout comme on voit la Chine, le Brésil, l'Inde qui arrivent dans les marchés, ça met de la pression sur les constructeurs européens et d'Amérique du Nord pour être plus productif puisqu'on ne peut pas concurrencer la main d'œuvre. C'est une pression à l'extérieur. Mais ça ne veut pas dire qu'on n'essayait pas de faire les choses à bas coûts. On avait toujours ça en tête. Parce que comment tu peux gagner un contrat si tu ne peux pas produire un [produit] plus technologique, plus environnemental, et à moindre coût ? Ça, c'est normal. *Otherwise you're not gonna win the contract* (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Plusieurs acteurs ont peur de perdre leur avance par rapport à de nouveaux acteurs soutenus dans leurs pays respectifs. D'autant plus que la population de ces pays est parfois plus nombreuse en terme de personnes disposant des diplômes universitaires nécessaires à une R&D dans le secteur, et d'un environnement économique et social où la pression du court terme imposée par les contraintes financières est moins forte, et où les entreprises peuvent donc arriver avec des solutions plus innovantes — d'autant plus qu'elles arrivent avec de nouveaux *design* d'appareils ou de produits, moins contraintes par la trajectoire technologique suivie par un acteur déjà existant. La structure de l'organisation et/ou de

⁴¹ Comme l'anthropologue Evans-Pritchard lorsqu'il observe des tribus Nouer, l'unité d'appartenance est « la communauté la plus étendue qui considère que tout différend entre ses membres doit être réglé par arbitrage et qui doit agir de concert contre les autres communautés » (Evans-Pritchard, 1964, p.240).

l'industrie peut également être plus sujet à l'innovation, comme le craint cet acteur : « s'il y a une compagnie où les actionnaires sont dans une culture un peu plus patiente ? Je parle par exemple des Chinois, des Japonais ». On peut citer à titre d'exemple le développement du HondaJet développé par Honda au Japon bénéficiant de ces différents avantages (nouvelle trajectoire technologique, entreprise « dialectique ») susceptible de favoriser un ensemble d'*innovation disruptive* (Holford et Ebrahimi, 2007). De ce point de vue, l'avion vert est vu par plusieurs comme une façon de se renouveler et de regagner un potentiel pouvoir d'innovation dans ce secteur, car sujet à remise en question du sentier technologique, mais également des pratiques organisationnelles et des pratiques d'organisation industrielle, favorisant la collaboration (voir le chapitre 7).

6.3.1.5. La Société

À côté de ces enjeux assez traditionnels, on retrouve également une force présente dans la société et touchant toutes les autres forces. « C'est passé du niveau politique où on en parlait beaucoup à l'industrie. Aujourd'hui, on en parle moins au niveau politique, mais l'industrie, au moins notre entreprise, s'est sérieusement emparée du problème ».

Le problème pour l'industrie aéronautique, c'est qu'elle se trouve au premier rang des industries pointées du doigt pour leurs performances environnementales, et ceci même si « l'industrie aéronautique émet peu de gaz à effet de serre. Mais c'est une industrie qui est visible » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre). En effet,

L'avion est identifié comme polluant par rapport à d'autres industries ou moyens de transport. C'est une industrie identifiée comme polluante. Pour certains vols, il n'y a pas d'autres alternatives, à moins de changer complètement nos modes de vie (Cadre intermédiaire, Université/Centre de recherche).

Ces attentes de la société sont observées par l'industrie qui décide d'y répondre.

Maintenant, on entend beaucoup parler de responsabilité sociale, l'environnement. On devient plus conscient des enjeux, des gaz à effet de serre, le bruit c'est plus juste « à j'entends un son », non c'est un polluant (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Elles peuvent également être perçues comme une étiquette, un superlatif supplémentaire sur des pratiques déjà existantes. Mais cela n'est pas forcément négatif ou sans effet.

Avant tu ne disais pas que tu contribuais à l'environnement, mais tu faisais le même projet. Maintenant tu dis « oh je contribue un peu à l'environnement bon... ». [...] C'est une étiquette ... qui est quand même positive (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Les acteurs observent ce changement dans les attentes : « Je pense que travailler sur des projets verts est une initiative relativement nouvelle, qui a reçu beaucoup d'attention. Je pense que les gens lui donnent un sentiment de particularité ». Il est intéressant de voir que les acteurs de l'industrie, faisant eux-mêmes partie de la société, cette force exogène est également une force endogène, s'exerçant de l'intérieur (voir la section 6.3.2).

Un détournement possible des attentes de la société

Toutefois, ces attentes sociales peuvent également être manipulées en vue de les utiliser dans un objectif moins avouable que l'avion vert. Ainsi, effectuer des travaux dits « verts », c'est augmenter ses chances de se voir attribuer un financement de R&D. « C'est encore jeune, ça fait juste un an ou deux que c'est le *buzzword* à la mode. Il y a 4 ans on commençait à entendre parler d'émissions et tout ça, mais l'*avion vert* ... » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre). En effet, les gouvernements investissent beaucoup d'argent sur des projets environnementaux.

Avec beaucoup beaucoup d'argent au niveau européen... et je pense qu'ici au Canada, on a trouvé le *fun* de dire « hey c'est le fun, belle thématique » parce qu'ils ont plein de cash ! Du coup, les industriels ont trouvé que c'était le *fun* parce qu'il y avait beaucoup d'argent qui était investi dedans par les gouvernements donc ça aide à développer des tendances (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Plusieurs acteurs critiquent l'avion vert comme tendance à *la mode*.

Le concept d'avion vert chez nous, il n'est pas nommé avion vert parce que ce mot est à la mode. Et on s'entend que si on veut avoir des subventions, il faut que tout devienne vert. N'importe qui qui veut avoir des subventions il a juste à inventer quelque chose de vert, et il va avoir sa subvention. Donc c'est de l'ironie on trouve ça un peu gaga, on n'embarque pas tellement dans ce jeu-là (Cadre intermédiaire, Sous-traitant),

Or, comme cela a déjà été évoqué, il est facile de rattacher beaucoup de projets ne visant pas en soi des objectifs verts sous cette étiquette, ce qui donne lieu à du financement déguisé.

Les subventions vertes ce sont des modes pour... je ne sais pas je trouve que c'est un faux prétexte. On utilise ça pour que ça avance, tant mieux. Mais à la base c'est un peu comme si... comme si demain on voulait créer des bourses pour supporter la langue française et on dit

voici des millions disponibles pour pouvoir faire de la recherche, mais ça doit être en français. Là tout le monde va vouloir se mettre à faire de la recherche en français que ce soit sur les météorites, la roche ou les chats. Tout le monde va vouloir faire des projets de recherche en français ce sera la grosse mode. Ce que je déplore un peu c'est que c'est des coups de vent bien souvent (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Cet effet de mode met trop l'emphase sur le côté vert de manière superficielle. Elle devrait céder le pas à une conception de l'avion vert comme un critère fondamental.

Je crois qu'au départ le fait de les appeler de subventions vertes et des projets verts, c'est parce que c'est à la mode, c'est accrocheur. Mais à la fin, lorsque cette mode sera passée, il faut que ça fasse partie d'un critère de base qui est intrinsèque à tout. [...] Le jour où la mode va passer et que ça va devenir un critère comme les autres, que lorsqu'on construise quelque chose, on ne pollue plus. Mais maintenant la mode est soyez vert, c'est un critère c'est fini (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Un second détournement des attentes de la société est possible : il s'agit de s'accrocher à l'image d'un avion propre, pour améliorer l'acceptabilité sociale de l'industrie ou de l'entreprise, d'un point de vue purement communicationnel. C'est ce qu'on qualifie habituellement de *greenwashing* ou de *peinturage en vert*.

Il y a différentes raisons, améliorer leur image, [...] ça a un impact marketing aussi de dire qu'on est vert, on va parler de la responsabilité sociale des entreprises, c'est des choses qu'on ne voyait pas avant. Des départements responsabilité sociale ça n'existait à peu près pas. Maintenant c'est presque la force des citoyens qui achètent plus vert, qui regardent plus ces caractéristiques-là. Oui ça devient un avantage promotionnel. Donc c'est beaucoup une question d'image (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche).

Dans cette perspective, on utilise cette étiquette verte sans considération pour une réelle amélioration environnementale. « Tout le monde avec un peu d'imagination est capable d'inventer une chaise verte. Moi je vais vous inventer la radio verte » (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Or, si cela peu avoir des effets positifs, cela peut aussi pousser la société à surutiliser l'avion par rapport à d'autres moyens de transport, car débarrassée de l'étiquette d'industrie polluante, et entrainer un effet rebond, augmentant le trafic et donc la pollution globale de l'aviation.

Toutefois, malgré ces deux détournements possibles, de nombreux acteurs souhaitent réellement contribuer aux attentes de la société, et cherchent à se dissocier de ces pratiques.

« Devant les enjeux de société, on s'est donné des objectifs très sérieux — pas juste du *greenwashing* — en avance sur la concurrence et la réglementation » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre). Il devient « justifiable économiquement de poursuivre un objectif social et environnemental » (Cadre supérieur, Maître d'œuvre).

On retrouve cinq forces, dont quatre sont présentes dans le modèle de Porter (État, clients, nouveaux entrants et concurrence). La cinquième force présente, la société, a également été ajoutée par Porter et Kramer (2006) dans un article consacré : *Strategy and Society*. Deux forces sont absentes : les fournisseurs, car dans le secteur aéronautique, le pouvoir est tiré par le client, et plus on s'éloigne du client final, moins l'entreprise est forte et plus elle est petite. La seconde force absente est le risque de produits de substitution. Bien qu'existants dans certains cas — par exemple les trains à grande vitesse vis-à-vis des vols intracontinentaux — ils sont prévisibles à long terme, car nécessitant des investissements massifs et des travaux importants sur de nombreuses années. Par ailleurs, il n'existe pas — et probablement pour de nombreuses décennies de substituts aux vols intercontinentaux. On peut représenter ces forces exogènes poussant vers l'avion vert sur la figure suivante.

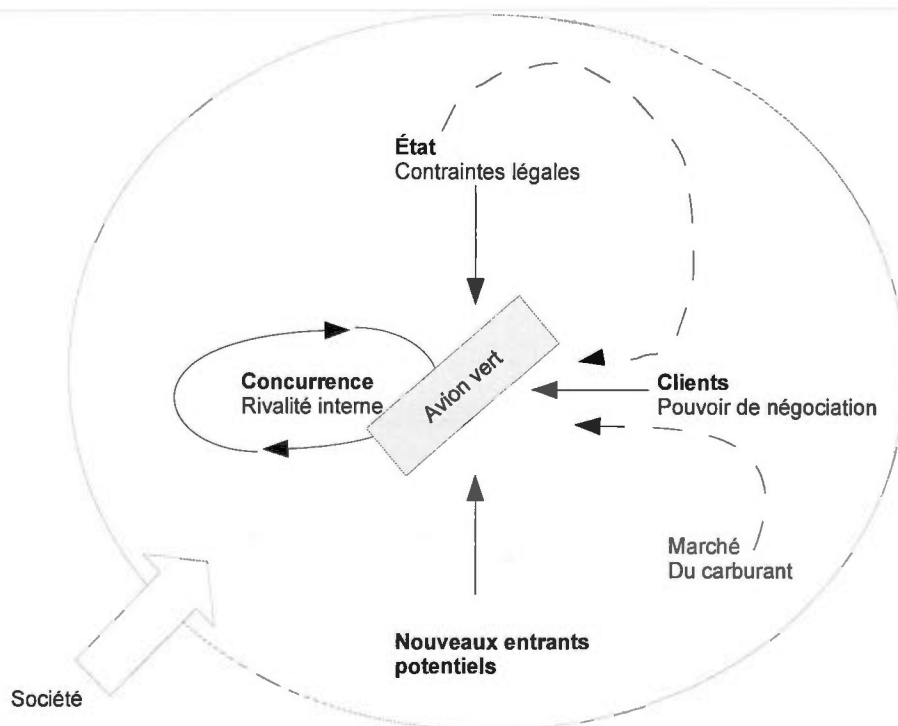


Figure 6.1 - Cause de l'avion vert - Facteurs exogènes

6.3.2. Les facteurs endogènes

Les facteurs exogènes ne sont pas les seuls à justifier le travail autour de l'avion vert, on observe également plusieurs facteurs endogènes présentés dans cette section. Il est intéressant de noter que ces facteurs arrivent souvent dans un deuxième temps endogénéisant les facteurs provenant de l'extérieur à travers des modifications de dynamique du travail et des mentalités des acteurs, tel que l'illustre la figure 6.2. On y observe qu'à la suite des cinq facteurs exogènes décrits dans la partie précédente (clients, État, concurrence, nouveaux entrants, société), trois facteurs endogènes décrits dans cette section émergent : un changement d'intérêt de l'industrie (section 6.3.2.1), un changement de perception des acteurs (section 6.3.2.2) et une dimension environnementale à diluer dans l'ensemble de l'organisation (section 6.3.2.3).

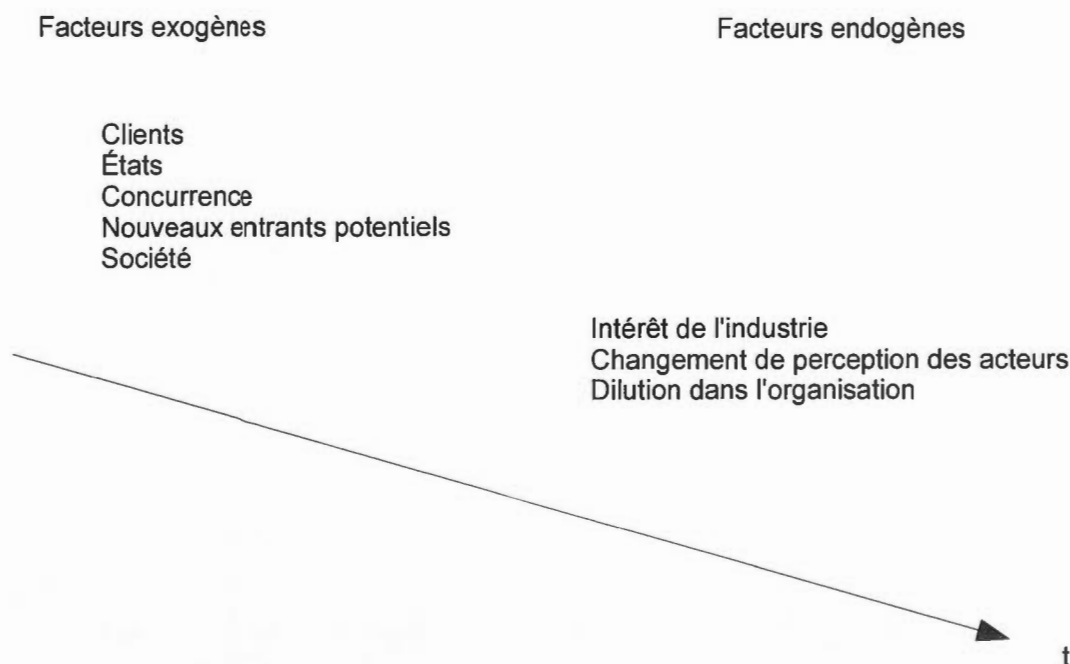


Figure 6.2 - Endogénéisation des facteurs de l'avion vert à travers le temps

6.3.2.1. Un intérêt de l'industrie

Vu de l'extérieur des entreprises de l'industrie aéronautique, l'intérêt pour l'avion vert est bien réel, sans qu'il soit nécessairement possible de spécifier si cela provient de l'intérieur ou de l'extérieur de celle-ci.

Les gens de l'industrie, c'est eux qui fixent un peu les priorités de recherche. C'est eux qui nous arrivent avec des projets. Ces projets-là, bon de plus en plus sont ciblés vers des procédés et technologies qui vont rendre l'avion plus vert. Donc c'est principalement l'influence du milieu qui transparait dans les projets qu'on finance (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche).

La première raison, et c'est peut-être le moteur de l'action, c'est la capacité de l'avion vert à s'insérer dans un modèle économique rentable. « Il y a l'aspect financier. Moins de déchets dans la fabrication du produit, c'est des frais d'opération plus faibles. Si nous continuons les améliorations, il y aura une meilleure empreinte environnementale et nous perdrons moins de ressources. C'est pourquoi nous économisons de l'argent avec un produit moins cher ou faisant plus de profit » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Les projets financés dans le cadre de l'avion vert relèvent souvent d'une stratégie corporative provenant de la haute direction. Avoir un tel support est considéré dans la littérature managériale, comme étant un prérequis au succès de projets. Toutefois, dans les cas où les équipes de R&D n'ont pas été consultées, cela peut amener à des problèmes en matière de mobilisation du personnel et également à une déconnexion avec les enjeux réels observés par ces acteurs.

La plupart du temps les personnes se voient imposer le projet, surtout quand il s'agit d'aller chercher des fonds auprès du gouvernement. Souvent, ce n'est pas l'ingénieur qui a été consulté pour aller chercher les fonds, ça a été fait à des niveaux « plus hauts que le ciel », et donc oui ça peut en venir à appeler l'ingénieur qui travaille sur le projet, mais... (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Ce sont les grands donneurs d'ordres qui sont à la base de l'intérêt pour l'avion vert, car plus proches des opérateurs de l'avion sensibles au coût du carburant et de la réglementation sur les appareils. Parfois, depuis longtemps, dépendamment de la dynamique technologique. Par exemple, concernant les moteurs d'avion, l'intérêt porté à la consommation et au bruit se fait depuis une cinquantaine d'années.

Quand on parle de moteur, la consommation de carburant et le bruit sont des dimensions fondamentales. On fait de l'acoustique avant même de parler d'avion vert. Ça fait des dizaines d'années qu'on travaille là-dessus. Depuis les années 60, on optimise les moteurs pour diminuer la consommation, réduire le bruit... (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Toute l'industrie n'est pas au même niveau d'avancement sur la conscientisation des dimensions environnementales. Mais la manière de voir, de regarder le problème change. Alors qu'auparavant, la question du carburant était reliée à un coût et uniquement à un coût, elle est également reliée aujourd'hui à l'augmentation des gaz de serre, et à une mauvaise réputation de l'industrie dans son ensemble, poussant même les entreprises travaillant sur ces problématiques depuis longtemps à revoir leurs manières de travailler. Cet intérêt est en hausse :

On a un équilibrage de plus en plus sur la dimension environnementale, notamment la consommation de CO2 se positionnant à un niveau d'intérêt se rapprochant de la dimension financière, du prix de notre produit (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

On observe sur la durée la construction d'un écosystème favorable à l'avion vert. « C'est sûr qu'il y a de l'intérêt pour autre chose que juste améliorer le carburant et donc chacun prend sa place petit à petit là-dedans » (Cadre intermédiaire, Université/Centre de recherche).

Plusieurs acteurs voient l'avion vert comme l'opportunité pour la grappe de se souder autour d'un projet fédérateur. L'avion vert, « ça donne un peu une raison, une espèce de portrait à atteindre et ça permet de concentrer des efforts sur des technologies, des procédés qui vont optimiser ça » (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche). Et plusieurs acteurs l'assurent, ce n'est pas un choix uniquement relié à la dimension économique, mais à un réel intérêt.

6.3.2.2. Un changement de perception des acteurs

En effet, l'avènement de l'avion vert est relié à un changement de perception, de vision des acteurs, de la façon dont ils observent le secteur de l'aéronautique, et plus globalement dont ils portent un regard sur le monde.

Je ne crois pas que nous ayons à l'origine une plate-forme qui soit verte. C'est l'impératif commercial pour rendre l'avion moins cher, plus léger qui nous a poussés à agir, parce que le client voulait un avion plus léger. Avons-nous transformé notre plate-forme parce que nous

voulions faire un avion plus respectueux de l'environnement ? Non, c'était parce que nous voulions faire plus d'argent, ou pour avoir un avion avec de meilleures performances. Je pense qu'à l'origine, c'était plutôt un impératif d'affaires qu'un impératif environnemental. [...] Toutefois, maintenant je crois que pour de plus en plus de gens dans l'entreprise cela change. Parce que si lui le fait, je dois le faire aussi. **La responsabilité, la conscience sociale deviennent les moteurs de notre motivation** pour déterminer comment redessiner nos [produits] dans une perspective environnementale, et ceci autant que l'impératif commercial initial (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Ainsi, pour plusieurs acteurs interrogés, « on n'a pas le choix de s'en aller vers des technologies qui sont plus respectueuses de l'environnement, plus vertes » (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche). Ce changement provient « de l'intérieur par la conscientisation, la responsabilité sociale, de l'environnement et de vers où l'on doit s'en aller » (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre). Cet effet mobilise les individus, et s'observe alors en dehors de l'avion proprement dit. Ces changements se répercutent sur l'organisation du travail, sur les façons de travailler (voir le chapitre 7).

C'est très positif, tout le public, les étudiants sont de plus en plus conscients de l'environnement. [...] On le voit dans le recyclage, les poubelles n'étaient pas gérées de la même façon il y a 10 ans, voire même avant. On n'avait pas trois poubelles à côté pour le recyclage. Tout ça, l'écologie commence à devenir une façon de vivre, ça affecte tout. C'est facile de parler au public des avions verts, ça *fit* (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Cette perception est très ancrée, on pourrait dire *embedded* aux individus. Ce n'est pas le cas de tous, mais a un impact profond et réel sur les personnes ayant à cœur la dimension environnementale.

On voit les gens concernés par l'environnement dans leur vie quotidienne, ils sont très sensibles. Vraiment, quand on leur dit qu'on fait ce genre de projet, ils sont vraiment très sensibles à ça. Alors que d'autres... c'est vraiment... bof... C'est pour ça que je dis c'est vraiment très personnel. Si on parle à titre individuel, au niveau des réactions des différentes personnes dans différents groupes, on peut avoir différentes attitudes dans différents groupes. Ce n'est pas une attitude propre à un seul groupe. Il y en a qui sont beaucoup plus concernés au niveau de la production, par exemple, et d'autres qui le sont moins, pareil pour l'ingénierie, j'ai l'impression c'est encore une attitude personnelle (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Comment arrivent ces changements de perception ? On peut voir deux facteurs les accélérant. Tout d'abord, à travers les jeunes générations qui sont, bien plus que les autres, sensibles à la dimension environnementale.

À l'interne, si on prend juste notre génération, les 30 ans, nous, on fait du recyclage à la maison ; nous, on fait attention de ne pas laisser rouler notre moteur de voiture dans le vide à l'extérieur pour être sûr que notre climatiseur va fonctionner ; nous, on s'intéresse à la journée de la terre le 22 avril, où il faut faire attention à ne pas prendre sa voiture, à utiliser le vélo. On est déjà conscientisé. Si on sait qu'en plus, l'entreprise pour laquelle on travaille le veut, on va faire attention, on va donner notre grain de sel, et on va être content [de travailler sur ce produit-là]. Et les ingénieurs qui ont 30 ans vont dire, « eh, je viens de découvrir, ou je viens de penser que si j'enlève juste ça, ou que je rajoute juste cette petite patente-là, elle va être plus recyclable que si j'utilise celle-ci, et cela ne me coûtera pas nécessairement plus cher. Fait que je vais vendre mon idée ». Il y a toute cette conscientisation là des générations qui tendent vers l'environnement (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Plus que juste sensible à l'environnement, beaucoup de ces nouvelles recrues deviennent, en quelque sorte, ambassadeurs des questions environnementales, « contaminant » à ces enjeux les équipes dans lesquels ils travaillent. Une dynamique intéressante entre générations s'institue autour de l'avion vert (voir le chapitre 7). Le changement de mentalité arrive souvent par la dimension intergénérationnelle.

Dans le bureau, il y a de la culture qui change, oui il y a des bacs de recyclage, bleu, vert, brun, noir. Dans la gestion de notre cuisine aussi ça va de soi. Mais ça, c'est du civisme, c'est un savoir-vivre qui se développe avec l'évolution des générations chez nous. Les jeunes amènent ça chez les vieux, et les vieux adhèrent (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Le deuxième facteur de changements de perception est le changement par l'action elle-même véhiculant savoirs et valeurs à travers elle.

Avec nos projets, curieusement il y a des gens qui se conscientisent de plus en plus. Je sais qu'il y a des gens auparavant, je vois des têtes... « Ah oui, vous faites ça, mais pourquoi vous faites ça ? Ah oui, le chrome n'est pas bon pour l'environnement ? Je ne savais pas. » C'est donc le fait qu'on fasse des projets, ça fait rentrer cette conscience (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

En travaillant sur des projets verts, pour des raisons diverses, plusieurs acteurs se sensibilisent à ces questions environnementales et adoptent dans une dialectique entre action et perception. On peut représenter ces deux leviers sur la Figure 6.3.

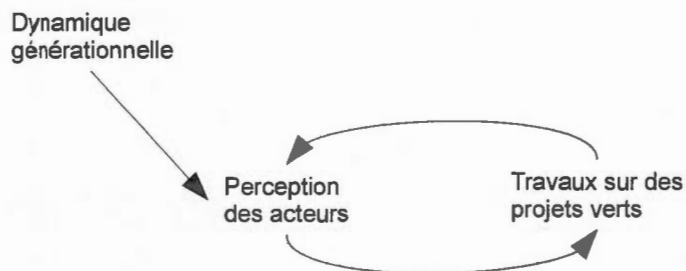


Figure 6.3 - La perception des acteurs (1/2)

Cette perception de l'environnement comme élément important permet à plusieurs acteurs de redonner un sens à leur travail.

Je pense que c'est une attitude personnelle parce que moi je le ressens par rapport à moi-même... **ça rend le travail plus noble !** C'est-à-dire que ça rentre dans ma manière de voir le monde aussi donc mon travail rentre dans ce contexte-là. Je ne suis pas en contradiction quand je suis au travail avec mes convictions personnelles. Ça, c'est agréable. Parfois parce qu'on a une spécialité, on se retrouve dans un domaine, on est obligé de travailler, il faut bien payer le loyer et l'électricité et puis on se trouve en conflit avec notre propre conviction, je trouve que c'est la pire des situations qui puisse arriver à un être humain. Donc je pense qu'au contraire ça rend plus noble, on regarde notre travail d'un autre œil. Je vois les gens de mon groupe c'est aussi un peu comme ça, ils sont bien contents de travailler sur des projets. [...] **Je pense bien que ça a un impact sur notre profession** (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Cette question de la perception des acteurs sera reprise dans le chapitre 7, section 7.2.1. Ce sens retrouvé s'explique par l'aspect symbolique que peut avoir la dimension environnementale, visant à la protection de la planète, des générations futures et de la faune et de la flore. Cette dimension symbolique est particulièrement importante et sera développée dans le chapitre 8.

6.3.2.3. Une dimension à diluer dans l'organisation

L'industrie s'est donné des objectifs importants « c'est très ambitieux, ce que l'aéronautique est en train de se mettre comme ambition, par rapport à toute l'innovation. Oui c'est très très ambitieux ». Toutefois, plusieurs acteurs trouvent que l'environnement reste trop mis en avant comme l'objectif — avec le risque de dérive sur l'image, l'apparence, plutôt qu'une dimension fondamentale intégrée dans les pratiques au même titre que la sécurité ou les coûts.

Au lieu que ce soit le thème général, ce qui est dicté de façon générale, moi je pense que ça devrait être un critère parmi tant d'autres à travers tous les projets, toutes les recherches. Je pense que c'est de base. Je pense qu'en 2012 sur notre continent et sur notre planète, il n'y a pas moyen de faire autrement que de penser à l'aspect vert dans tout contexte. Je pense que maintenant ça fait partie de l'éthique, ça fait partie de « ne tue pas ton prochain ». Quand tu fais un projet de recherche, garde ça toujours en tête ça fait partie de l'éthique maintenant (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Actuellement, la dimension verte ne serait pas encore intégrée à l'avion, mais en voie de l'être, car de plus en plus systématiquement prise en considération. « La dimension verte est

comme un *add-on* au projet, mais est toujours présente. [...] Oui c'est quelque chose sur lequel on va toujours revenir même si l'objet de la recherche comme tel est de caractériser les propriétés de tel type de matériel, les échanges vont toujours être teintés avec l'aspect vert » (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche).

Cette dilution provenant de la prise de conscience extérieure et intérieure à l'organisation, l'entreprise dans le secteur aéronautique la fait sienne. « L'industrie accepte et voit que oui, il faut faire quelque chose aussi, oui ça fait du sens ce que les gouvernements mettent en place. C'est une tendance où le monde l'accepte, le monde voit que c'est bon, le monde sent que c'est là » (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche). Le choix de l'environnement devient un argument, un choix valide en face du prix de ce dernier : « On aurait pu aussi bien produire les mêmes avions, un peu moins cher. Mais là, on réalise que si on veut plus d'avions qui volent, il faut qu'ils respectent plus l'environnement. C'est une accélération » (Cadre supérieur, Maître d'œuvre).

Cette prise de conscience peut rendre les choses très compliquées de par la complexité inhérente (voir les sections 7.3.1.3 et 7.3.2.1 du chapitre 7 portant sur la section sur la complexité des connaissances environnementales). D'où la question traitée dans le prochain chapitre des modes de gestion des connaissances reliés à l'avion vert.

Les gens sont plus conscients, mais évidemment ils n'ont pas toutes les solutions. Ça rend la vie très compliquée là, c'était vraiment plus simple avant (rire). On rentrait la pièce dans la machine, et on oubliait ça ! Aujourd'hui il faut s'occuper de la machine (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Conclusion du chapitre - Définition de l'avion vert

À travers le chapitre, où l'on a regardé l'avion vert à travers ses innovations continues, on a vu qu'il s'agissait d'une question difficile visant à diminuer l'empreinte environnementale de l'avion. Dans une première partie, on a vu que les objectifs à atteindre sont assez ambitieux même s'ils pourraient être plus élevés. L'avion vert correspond à une redéfinition à travers le prisme de l'environnement d'un concept ancien visant à diminuer ses externalités négatives, se faisant dans la continuité d'une logique technique. Aujourd'hui, l'avion vert correspond à

une voie stratégique usant du flou entourant la question de ce qui est vert, même s'il s'agit parfois d'une tactique pour atteindre d'autres buts. Même pour les acteurs directement concernés, la question est difficile lors des arbitrages et décisions nécessaires entre les multiples paramètres, faisant en sorte qu'il est plus juste de parler d'avions verts au pluriel, selon l'usage qui en sera fait. Toujours au niveau stratégique, l'avion vert permet la mise en place d'un écosystème d'affaire et technologique, touchant le système socioéconomique, et notamment le travail. Il y a une dimension humaine et sociale trop souvent négligée, ayant pourtant une grande importance au niveau symbolique pour les acteurs de l'industrie, et donc un pouvoir d'action réel. L'avion vert nécessite également tout un ensemble de compromis : économique, marketing, inter-sectoriel, technologique, humain, social. L'amélioration des savoirs permet de prendre de meilleures décisions dans le choix des compromis. Les acteurs oscillent entre deux perceptions de l'avion vert : l'avion vert comme avion efficace, l'avion vert comme idéal d'avion totalement propre. Dans le premier cas, le discours sur l'avion vert est un moyen d'atteindre un avion plus efficace. Dans le second, l'avion vert n'est pas qu'un discours, mais un objectif en soi traçant la voie à suivre. Ces deux perceptions ne sont pas contradictoires, et même s'allient pour donner place à l'innovation dans le secteur.

Dans la seconde partie, on a vu que l'avion vert touchait à des aspects technologiques et managériaux (ces derniers sont présentés dans le chapitre 7). Au niveau technologique, on parle de réduire l'impact durant la phase de conception-fabrication, durant la phase d'opération et après la vie de l'avion, à la fin de vie de celui-ci. L'analyse du cycle de vie est de ce point de vue un outil intéressant pour aider les acteurs à agir, et écoconcevoir l'avion.

Dans la troisième partie, on a vu les raisons poussant à l'avion vert, avec un ensemble de raisons extérieures à l'industrie (facteurs exogènes) et intérieures à celle-ci (facteurs endogènes). On a présenté 5 facteurs exogènes : l'État et la réglementation, les clients, la concurrence, les nouveaux entrants et la société. Ces facteurs présentent des risques de détournement possible. Les facteurs endogènes sont dus à l'intérêt de l'industrie et au changement de perception des acteurs. On a noté une progression à travers le temps de l'intérêt pour l'avion vert, celui-ci provenant de l'extérieur et tendant à s'endogénéiser.

À l'issue de ce chapitre, l'hypothèse H8 — postulant l'influence de l'avion vert sur le système économique — ne peut en l'état être ni validée, ni infirmée. L'avion vert est un concept trop récent pour avoir eu un impact durable sur la société — même si sa diffusion est réelle —, pour déterminer s'il sera effectivement en mesure de produire des changements sur le système économique, changement que l'on observe sur des périodes de temps plus longues que la durée de cette recherche, ou si son impact demeurera marginal.

Concernant l'hypothèse H7 postulant l'influence du système économique sur l'avion vert, on observe à travers le chapitre la recherche d'innovation à travers la forme d'un compromis entre dimension environnementale et dimension économique, l'avion vert se devant d'être un avion efficace tant sur l'une que sur l'autre dimension. Dans la section 6.3, on voit plusieurs dimensions économiques, notamment dans la dimension exogène (État, clients, concurrence, nouveaux entrants, etc.) contribuer à l'élaboration du programme de l'avion vert. Sur cette base, on peut donc valider l'hypothèse H7 :

À l'issue de ce chapitre, on observe un impact du système économique sur l'avion vert, ce qui valide l'hypothèse H7.

En guise de conclusion de ce chapitre, on propose la définition suivante de l'avion vert comme synthèse de son contenu :

L'avion vert est une éco-innovation, visant à réduire l'empreinte environnementale des aéronefs, notamment en diminuant leurs émissions globales, locales et sonores, en consommant une quantité limitée de carburant, en limitant l'usage de matériaux et procédés dangereux ou rares, et étant recyclables en fin de vie. Il répond à des critères définis par ses parties prenantes, nécessitant un arbitrage afin d'aboutir à un ensemble de compromis environnementaux, économiques, technologiques, humains et sociaux acceptables par les acteurs. Il a pour causes un ensemble de facteurs exogènes (réglementation, clients, concurrence, nouveaux entrants, société) et endogènes (intérêts des individus, des organisations, de l'industrie) et représente à la fois un avion plus efficace et un idéal inatteignable d'avion totalement propre. Il nécessite pour sa conception et sa réalisation un ensemble de pratiques managériales spécifiques.

C'est sur cette dimension managériale que l'on va se concentrer dans le chapitre 7.

CHAPITRE 7

LA CONCEPTION DE L'AVION VERT : LA DIMENSION MANAGÉRIALE

Le chapitre précédent a précisé ce qu'était l'avion vert au sein de la grappe aéronautique québécoise, ce qu'il est, comment et pourquoi. Le présent chapitre décrit sa place et ses liens dans l'organisation du système de recherche et développement en terme managérial visant à aboutir à sa réalisation.

On y traite de la dimension managériale nécessaire à la conception de l'avion vert. Dans une première partie, on caractérisera le système de R&D propre au secteur aéronautique québécois, tel que l'ont décrit ses acteurs. Puis, on précisera les spécificités de l'innovation environnementale au sein de ce système. Les pratiques de gestion des connaissances mises en œuvre dans ce système de R&D pour la conception de technologies propres à l'avion vert seront décrites dans une troisième partie, suivie d'une quatrième et dernière partie portant sur les pratiques de recherche et développement à l'externe à travers la collaboration.

7.1. Caractérisation du système de R&D

Cette section décrit et caractérise le système de R&D dans le secteur aéronautique. Celle-ci peut se faire au sein de l'entreprise (R&D interne) ou à l'extérieur de celle-ci, ce qui sera traité dans la section 7.4. Les spécificités propres à l'avion vert seront traitées dans la section suivante.

Comme cela a déjà été précisé dans le chapitre précédent, la majorité des innovations présentes dans l'aéronautique, reliées à l'avion vert ou non sont incrémentales, quelques-unes d'ordre modulaire (par exemple les matériaux composites) ou d'ordre architectural (par

exemple l'électrification, l'avionique). L'objectif n'est pas de qualifier ces innovations, mais plutôt de présenter le fonctionnement du système de R&D au sein de l'industrie.

Faire de la R&D est obligatoire pour les maîtres d'œuvre qui doivent développer des produits de technologies complexes. C'est également le cas pour leurs sous-traitants, qui peuvent alors innover sur leurs produits pour mieux satisfaire les requis de leurs clients, intégrateurs ou maître d'œuvre.

C'est très intéressant pour un client qui fait un appel d'offres, qui reçoit plusieurs soumissions puis regarde que dans cette compagnie, on sait qu'ils travaillent en R&D pour améliorer telle et telle chose dans le cadre de l'environnement, par exemple, où les clients deviennent de plus en plus exigeants quand ils savent qu'on mène des projets de R&D justement pour pouvoir mettre dans nos [produits] des procédés qui respectent l'environnement et dont ils ont des exigences de leurs propres clients. C'est sûr que c'est intéressant pour eux (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

7.1.1. Processus

La R&D dans le secteur aéronautique vise principalement l'innovation technologique. Toutes les entreprises n'ont pas les mêmes processus, mais ceux-ci se rejoignent sur de nombreux aspects. En simplifiant, les technologies sont développées au sein de projets, qui peuvent être réalisés à l'intérieur ou à l'extérieur de l'entreprise, eux-mêmes généralement regroupés au sein de programmes ou portfolio de projets regroupant un ensemble de projets cohérents. Un ou plusieurs programmes visent généralement le développement d'un démonstrateur technologique, correspondant à une version basique d'un produit qui pourrait être amené à donner lieu à la modification d'un produit existant ou d'un nouveau produit — ou procédé. Ce processus est schématisé sur la Figure 7.1.

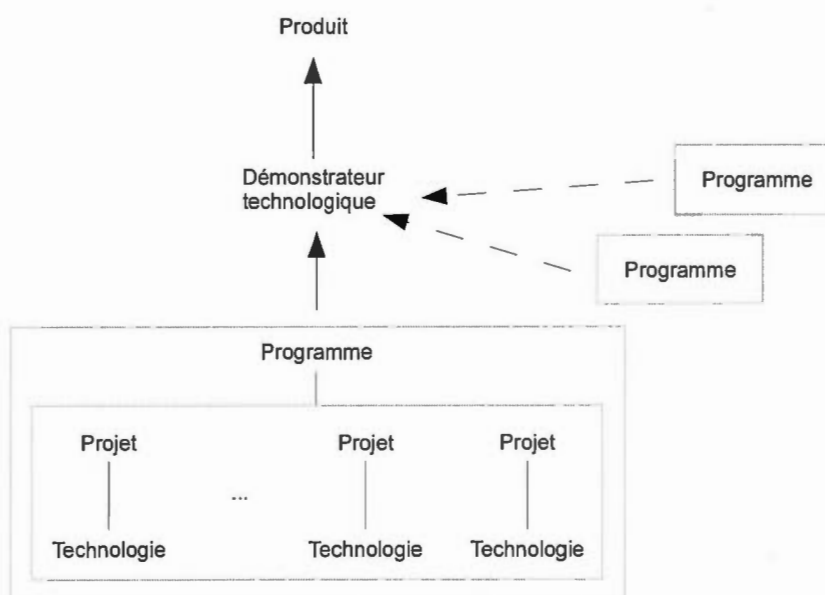


Figure 7.1 - Technologie - projet - programme

Pour établir le niveau de maturité technologique, les acteurs de l'industrie se réfèrent usuellement à l'échelle TRL (*Technology Readiness Level*) qui correspond à un indicateur de maturité technologique à 9 niveaux (cf. le Tableau 7.1) développé par la Nasa (Mankins, 1995). Cette échelle, bien qu'initialement développée dans le cadre de programmes technologiques aérospatiaux, s'est également répandue pour qualifier la maturation technologique dans d'autres domaines.

Tableau 7.1 - Échelle TRL - Le développement technologique dans le domaine aéronautique (DGCIS, 2011, p. 296-299).

TRL	Définition	Description	Justification
1	Principes de base observés et décrits.	Plus bas niveau de maturité technologique. La recherche scientifique commence à être traduite en une recherche et développement (R&D) appliquée. Les exemples peuvent inclure des études papier portant sur les propriétés de base d'une technologie.	Publications de travaux de recherche identifiant les principes de base de la technologie. Références relatives à ces travaux (qui, où et quand ?).
2	Concept technologique et/ou application formulés.	L'invention commence. Les principes de base ayant été observés, des applications peuvent être envisagées. Elles sont spéculatives et il n'existe pas de preuve ou d'analyse détaillée pour étayer les hypothèses. Les exemples sont limités à des études analytiques.	Publications ou autres références qui esquissent l'application considérée et fournissent une analyse appuyant le concept.
3	Preuve analytique ou expérimentale des principales fonctions et/ou	Une R&D active est initiée. Elle comprend des études analytiques, et des études en laboratoire destinées à valider physiquement les prédictions analytiques faites pour les différents éléments de la technologie. Les exemples impliquent des	Résultats de mesures en laboratoire portant sur les paramètres essentiels des sous-systèmes critiques et comparaison de ces résultats aux prédictions analytiques. Références relatives à la réalisation de ces tests et de ces comparaisons, (qui, où et

	caractéristiques du concept.	composants non encore intégrés ou représentatifs.	quand ?).
4	Validation de composants et/ou de maquettes en laboratoire.	Des composants technologiques de base sont intégrés de façon à vérifier leur aptitude à fonctionner ensemble. La représentativité est relativement faible si l'on se réfère au système final. Les exemples incluent l'intégration en laboratoire d'éléments ad hoc.	Concepts envisagés du système et résultats d'essais de maquettes de laboratoire. Références relatives à la réalisation des travaux (qui, où et quand ?). Estimation des différences entre la maquette du matériel, les résultats des essais et les objectifs du système envisagé.
5	Validation de composants et/ou de maquettes en environnement représentatif	La représentativité de la maquette technologique augmente significativement. Les composants technologiques de base sont intégrés à des éléments supports raisonnablement réalistes, de façon à être testés en environnement simulé. Les exemples incluent l'intégration hautement représentative de composants en laboratoire.	Résultats d'essais d'une maquette de laboratoire du système, intégrée à des éléments supports, dans un environnement opérationnel simulé. Écarts entre environnement représentatif et environnement opérationnel visé. Comparaison entre les résultats des essais et les résultats attendus. Problèmes éventuellement rencontrés. La maquette du système a-t-elle été raffinée pour mieux correspondre aux objectifs du système envisagé ?
6	Démonstration d'un prototype ou d'un modèle de système/ sous-système dans un environnement représentatif.	Un modèle représentatif ou un système prototype, allant bien au-delà de celui du TRL 5, est testé dans un environnement représentatif. Cela représente une étape majeure dans la démonstration de la maturité d'une technologie. Les exemples incluent les essais d'un prototype dans un environnement de laboratoire reproduisant fidèlement des conditions réelles ou les essais dans un environnement opérationnel simulé.	Résultats d'essais en laboratoire d'un système prototype très proche de la configuration désirée en termes de performance, masse et volume. Écarts entre l'environnement d'essai et l'environnement opérationnel. Comparaison entre les résultats des essais et les résultats attendus. Problèmes éventuellement rencontrés. Plans, options ou actions envisagés pour résoudre les problèmes rencontrés avant de passer au niveau suivant.
7	Démonstration d'un prototype du système dans un environnement opérationnel.	Prototype conforme au système opérationnel, ou très proche. Ce TRL représente un saut important par rapport au TRL 6, exigeant la démonstration d'un prototype du système réel dans son environnement opérationnel (par exemple dans un avion, dans un véhicule, dans l'espace). À titre d'exemple, on peut citer le test d'un prototype dans un avion banc d'essai.	Résultats d'essais d'un système prototype en environnement opérationnel. Identifications des entités ayant réalisé les essais. Comparaison entre les résultats des essais et les résultats attendus. Problèmes éventuellement rencontrés. Plans, options ou actions envisagés pour résoudre les problèmes rencontrés avant de passer au niveau suivant.
8	Système réel achevé et qualifié par des tests et des démonstrations	La preuve est faite que la technologie fonctionne dans sa forme finale, et dans les conditions d'emploi prévues. Dans la plupart des cas, ce niveau de TRL marque la fin du développement du système réel. Les exemples incluent les tests et évaluations du système dans le système d'armes auquel il est destiné, afin de déterminer s'il satisfait aux spécifications.	Résultats d'essai du système dans sa configuration finale confronté à des conditions d'environnement couvrant l'ensemble du domaine d'utilisation. Évaluation de ses capacités à satisfaire les exigences opérationnelles. Problèmes éventuellement rencontrés. Plans, options ou actions envisagés pour résoudre les problèmes rencontrés avant de finaliser la conception.
9	Système réel qualifié par des missions opérationnelles réussies.	Application réelle de la technologie sous sa forme finale et dans des conditions de missions telles que celles rencontrées lors des tests et évaluations opérationnels. Les exemples incluent l'utilisation du système dans des conditions de mission opérationnelle.	Rapports de tests et d'évaluations opérationnels.

Cette échelle joue un important rôle de médiation, servant de langage commun entre différents acteurs. À peu près toutes les personnes interviewées y faisaient référence lors des entrevues. Elle est utilisée tant à l'interne qu'à l'externe, et permet aux départements de R&D de justifier l'avancée de leurs travaux, de communiquer dessus avec d'autres acteurs non spécialisés dans leurs domaines spécifiques, et l'éventuel passage en production vis-à-vis du reste de l'entreprise.

Ce qu'on utilise au niveau de nos projets à chaque fois pour savoir comment on a évolué, un standing opéré par la NASA, c'est le fameux *technology readiness level*, les fameux TRL. C'est au niveau des procédés et matériaux donc on l'adapte au développement du procédé. On dit « ok on est arrivé à tel niveau ». Ça c'est important pour le reste de la compagnie parce qu'on sait que quand on va mettre un nouveau procédé ou un nouveau matériau dans le design il faut qu'on ait atteint un certain niveau de TRL. Donc c'est pour cette raison qu'à chaque fois on essaie de doser... pour dire qu'on est arrivé à ce niveau de TRL, il faut qu'on ait fait de nombre de tests, il faut qu'on ait ces données-là pour être sûr qu'on peut passer à l'étape suivante pour par la suite dire à nos gars du design « regardez, là il est mature, vous pouvez l'utiliser » (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Le cycle de développement d'une technologie commence par des recherches théoriques sur les travaux déjà existants.

Quand on commence en R&D, c'est toujours une recherche bibliographique. On commence toujours par voir ce qui a été fait ailleurs, en fonction de ce qu'on va utiliser on fait du *benchmarking*, donc on y va étape par étape, qu'est-ce qui se passe, qu'est-ce qui existe ailleurs, les techniques que les gens ont utilisés, on va regarder quelles sont ceux qui sont les plus efficaces pour ce qu'on imagine (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Lorsque l'entreprise décide de travailler avec l'extérieur, une fois ces recherches effectuées, le département ou l'équipe identifie des experts externes permettant d'aider à comprendre ou maîtriser des techniques ou connaissances spécifiques nécessaires avec lesquels travailler.

Au niveau de l'expertise à ce moment on ira chercher des experts au niveau universitaire ou même au niveau industriel parfois il y a des petites compagnies qui ont développé leur truc et qui sont très très spécialisées dans ce domaine-là. On va aller les chercher en partenariat. Donc ça, c'est au niveau du *main power*, des gens avec lesquels on va manœuvrer. Et on bâtit nos projets en fonction de ça. On reste les maîtres d'œuvre parce qu'il faut terminer avec une pièce de [notre produit]. Donc on sait justement mieux que tous ces partenaires ce qu'on va amener, on sait à quoi va servir cette pièce, ce qu'on leur donne comme données de base c'est justement ça. Il faut qu'elle tienne comme ça, il faut qu'elle résiste à ça, à ça, à l'environnement. On donne tous les critères et puis on manœuvre avec eux par la suite dans le reste. Donc c'est vraiment documentation, équipe. Élaborer un plan qui va aller dans ce sens, le but au départ est déjà fixé justement d'aller vers ce but-là (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Plusieurs groupes de R&D essaient de favoriser une culture de la controverse, afin de ne pas s'enfermer dans des idées préconçues ou des technologies stériles, la controverse se faisant sur l'aspect technique, dans le domaine des idées, et non sur les personnes. Ces controverses peuvent également se situer à l'extérieur du groupe de R&D, sur les attentes en matière de développement.

Le problème c'est que souvent des besoins peuvent être divergents, donc au niveau gestion, un groupe A voudrait qu'on développe une technologie de telle façon, pour leurs besoins à eux,

mais il y aura des besoins divergents, et des besoins ultimes, donc il y a beaucoup de gestion... (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Il s'agit alors de trouver une entente, un compromis correspondant à une certaine forme de viabilité économique, en fonction des contraintes externes comme la concurrence, et des spécificités internes en discussion avec les membres de l'entreprise externe à la R&D.

La plus grande des problématiques, c'est le cas d'affaires. Nous on peut se réunir autour de la table d'affaires et avoir 25 bonnes idées, toutes très bonnes. Mais autour de ces 25 bonnes idées, ce qui ferait sens économiquement demain, ou dans 6 mois ou dans 3 ans, c'est moins clair. Et donc c'est de structurer la viabilité économique des idées. C'est de faire en sorte que ces idées ne soient pas des *push*, mais des *pulls*. Autrement dit, que ce soit des besoins et non pas forcer quelque chose (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Dans cette dynamique, la place des innovations vertes est parfois restreinte.

Il y a des acteurs très motivés, mais il n'y a pas une volonté de tout chambouler pour le vert. Ça va prendre du temps. C'est parce qu'il n'y a pas encore assez de contraintes. S'il y avait des contraintes gouvernementales, internationales qui imposaient certaines contraintes, il n'y aurait pas le choix, mais là, il y a le choix, ils ne vont pas changer leurs modèles d'affaires complètement (Cadre intermédiaire, Université/Centre de recherche).

7.1.2. Orientations de l'innovation dans le système de R&D

Comme cela a été identifié dans le chapitre 4 au niveau théorique, les entretiens réalisés permettent de confirmer trois grandes orientations à l'innovation : obtenir de meilleures performances techniques y compris les requis en matière de sécurité ; avoir un coût moindre ; établir une empreinte environnementale plus faible. Cette dernière orientation est relativement nouvelle par rapport aux deux autres. On retrouve ces orientations chez ce responsable R&D :

La stratégie d'innovation dans nos projets c'est [...] l'aspect coût, l'aspect environnemental, on regarde l'aspect poids qui rentre aussi un petit peu dans l'environnemental et finalement à la fin ça reste toujours le plus important, la performance. [...] Par performance [j'entends], technique. C'est-à-dire qu'il faut qu'il tienne le coup. [...] Dans notre stratégie, c'est vraiment ces volets-là qu'on regarde tout le temps, qui sont toujours présent dans notre processus d'innovation (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Se donner de telles orientations est nécessaire car le développement des technologies se fait « dans le brouillard », dans une incertitude technologique constante, sur les technologies à adopter comme sur les résultats obtenus.

Au niveau technique, on rentre toujours avec beaucoup d'incertitude dans ces nouveaux projets, c'est de nouveaux procédés, c'est de nouveaux matériaux. Est-ce qu'on en a rencontré ? Oui on en a rencontré, on en rencontre presque à chaque fois, mais le but c'est de les contourner aussi... bon, au début on définit le plan il est comme ça et là il est comme ça, il n'est jamais comme ça. On pensait que ça allait comme ça et puis non.. Pourquoi ? Parce qu'on, veut simplifier [...] Oui, on a été très souvent amené à changer de route, c'est drôle parce que je vois tous les projets quand on les suit, on voit la route qu'on s'est donnée au départ et puis là, pour tous, on est là — sur le côté. Mais c'est normal on l'avait annoncé au départ. Dès le départ, on a dit attention c'est de la R&D donc ça, ça nous donne la voie, mais ce n'est pas forcément ça qu'on va suivre tout le temps (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Il est particulièrement important d'établir une vision à long terme en matière de R&D, permettant de concrétiser les grandes orientations, et de guider le choix et l'arbitrage technologique. C'est là un des rôles de l'avion vert. Cela permet de servir de guide, de prendre des décisions dans le cadre des différents programmes, projets, budgets. De ce point de vue, le rôle stratégique des départements de R&D est très important dans le secteur aéronautique.

C'est sûr que ça prend une bonne vision, quand on parle de développement technologique et l'avion vert c'est un exemple, c'est des technologies qu'on développe pour l'avion vert, ça prend une vision à plus long terme et il faut pouvoir balancer les priorités du long terme avec le court terme. Établir une vision, l'expliquer à la direction pour qu'elle comprenne et qu'on fasse les investissements aujourd'hui pour là où l'on veut être dans 5-6 ans, c'est toujours un défi, peu importe la technologie dont on parle. Il y a un peu de vente à faire pour pouvoir expliquer pourquoi c'est important d'investir dans telle technologie. C'est un travail de vente, dans le sens de communication et d'éducation. Souvent les technologies c'est compliqué, donc il faut des fois convaincre les gens de financer pour allouer des fonds. Donc oui, ils sont ouverts, ils savent bien qu'il faut investir, mais c'est pour expliquer, car il faut faire des choix : investir dans ci et pas dans ça, c'est des choix à faire (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Pour être capable d'établir une vision globale, l'avion est observé comme un système complexe de blocs fonctionnels, sur le modèle de la boîte noire, reliés les uns aux autres, avec les entrées et les sorties connues, permettant de développer des technologies plus génériques : « Ces architectures-là, on essaie de faire quelque chose de modulaire de façon à ce que ça puisse *scaler* sur différents types d'avions » (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier). Les différentes technologies nécessaires sont répertoriées, et analysées dans une feuille de route ou une « carte routière technologique » pour voir dans quelle mesure elles peuvent s'inscrire dans la stratégie globale de l'entreprise et déterminer les éventuelles collaborations nécessaires ou réalisables.

Actuellement, nous nous efforçons de formuler des cartes routières technologiques pour les différents secteurs technologiques. Cela nous aide à gérer ces feuilles de route technologiques en collaboration avec les projets académiques avec le CRIAQ, le GARDN, le SA2GE, et des collaborations industrie-université un à un dans un contexte canadien. Également la collaboration transfrontalière avec notre maison-mère (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Cette planification ou orientation à travers le rôle de l'avion vert permet en partie de transgresser les limites de l'innovation au sein du système de R&D détaillées dans la sous-section suivante.

7.1.3. Limites à l'innovation

7.1.3.1. Limites organisationnelles

L'industrie aéronautique fonctionne beaucoup en silo, avec des départements cloisonnés les uns par rapport aux autres « on travaille assez en silo » (Analyste/ingénieur, Consortium de recherche). C'est toutefois un élément en cours de changement. Plusieurs acteurs essaient de mieux communiquer, de travailler avec les autres départements, pour avancer ensemble, ou au moins ne pas rencontrer de blocage. « Nous on n'a pas d'autorité en tant que telle sur les autres groupes, donc si j'émetts une recommandation d'investir dans telle technologie, et que tous les autres groupes autour ils n'ont pas *buy-in*, ça ne passera pas ». Il est donc nécessaire de beaucoup communiquer, dialoguer entre départements d'une même organisation afin de définir une vision, des ententes communes. Ce n'est pas toujours le cas.

L'absence de communication entre départements peut être augmentée par une trop grande rigidité de l'infrastructure des systèmes d'information.

Si on était une petite PME admettons, je sais qu'il y a des outils qui existent qui sont facilement mis en place. On est quand même en 2012, et les technologies au niveau IT ont énormément évoluées, mais nous comme on est une grosse compagnie on a des procédures au niveau IT, on a des gens qui doivent valider les projets, qui veulent aller, qui ont le mandat d'aller voir ce qui se passe, ce qu'il faut faire. C'est beaucoup trop lourd. Alors qu'il y a des outils qui ne coûtent rien, tu as juste quelques licences à payer et puis... On le sait, parce qu'on le fait chez nous. Enfin je veux dire il ne faut pas se leurrer parce que ce qu'on met en place dans la compagnie, on sait que ça existe (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Il y a également le déphasage entre les cycles financiers et les capacités de travail du personnel qui empêche une allocation véritablement efficace des budgets de R&D.

C'est un peu un cercle vicieux parce que dans une entreprise comme la notre, le budget est proportionnel au revenu, donc dans une très bonne année le budget R&D est plus grand, mais on est tellement sollicité par le travail qu'on a, qu'il n'y a pas assez de monde pour travailler sur la R&D. Alors que dans les années de vaches maigres, on se retrouve avec plus de gens à occuper, mais moins de budget pour ça (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

On observe par ailleurs une véritable fracture entre les départements de R&D et les responsables de programme sur la prise de décision.

On se retrouve en combat constant dans l'organisation entre la personne en charge d'innover parce qu'on lui dit de réduire les coûts, de trouver des solutions et la personne en responsabilité d'un programme qui doit le faire voler pour vrai. Il y a une scission entre les deux, et pas de volonté pour un responsable de programme de mettre une nouveauté, il va préférer une chose qui est sûre, à coût sûr, et dont la performance est connue en priorité. C'est vraiment ça la réalité. Il y a beaucoup de recherches faites en université, mais avant de voir ça en application... je n'en ai pas vu beaucoup. Ça « accouche » pas tant que ça. Il y a beaucoup d'ancêtres, mais pas beaucoup d'accouchements dans les dernières années. Alors, on développe, on développe avec le NRC, avec les universités, avec toute sorte de monde, mais le [produit X] c'est toujours le même qu'il y a 60 ans, pas seulement le [produit X], tous les secteurs de l'aéronautique c'est la même chose. Les *gamechanger*, il n'y en a pas. [...] Toutes les nouveautés et les choses qui pouvaient changer les façons de faire, c'était un combat pour les amener à l'ingénierie, ceux responsables de signer un dessin (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Il est donc particulièrement important de chercher à limiter cette séparation entre les acteurs de la R&D et les responsables de la certification « c'est avec eux que le lien doit se faire pendant tout le procédé de l'innovation. Si on veut que ça s'applique toujours, que ça se passe avec eux. [...] Je ne veux pas que ce soit "regardez ma pièce elle est super géniale" non je veux la voir sur l'avion, la voir voler » (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

7.1.3.2. Un conformisme important

On peut voir là la cause d'un important conformisme dans le secteur, une raison d'éviter de remettre en question les pratiques établies.

Les méthodes de travail traditionnelles sur les programmes existants, les gens ont arrêté de se demander pourquoi ils travaillaient comme ça. C'est juste parce qu'on l'a toujours fait comme ça, c'est juste que si on ne se pose pas la question maintenant pourquoi on fait cette étape avant cette étape, pourquoi on doit la dessiner comme ça, pourquoi si on veut réussir à la livrer on doit travailler en équipe, s'ils arrêtent de se poser des questions, on ne la livrera pas et elle ne sera pas verte (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Cela entraîne des pratiques peu novatrices, contrairement à l'idée que l'on peut s'en faire.

On a tendance à penser qu'un produit comme un avion ou un moteur d'avion ou un train d'atterrissage, parce que c'est dans les airs, ça utilise les dernières technologies. Mais c'est loin d'être la vérité. En fait c'est quand la technologie est très bien testée, prouvée, qu'on commence à l'utiliser en aéronautique, mais il y a des secteurs comme les TIC, le médical où on utilise la nouvelle technologie bien avant que ça arrive à l'aérospatial (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

La potentielle dangerosité des nouveautés, leur absence de sécurité totale constitue un frein dans leur recherche, et donc également dans leur potentiel de sécurisation. On se retrouve pris dans le piège du serpent qui se mord la queue : les technologies de ruptures sont potentiellement dangereuses, donc l'industrie ne travaille pas dessus. Mais, comme elle ne travaille pas dessus, elle ne les améliore pas et ne les rend pas plus sûres.

Faire de la vraie R&D ce n'est pas facile, donc si en plus c'est des *stretches* difficiles à atteindre, où il faut penser complètement différemment. Par exemple un avion à l'hydrogène — ah bah non, on ne peut pas c'est trop dangereux, si ça explose... — Je ne sais pas moi, est-ce qu'on peut explorer ? Je ne pense pas qu'on ait la latitude, ça va être de l'incrémentation verte (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Cela est d'autant plus vrai que les départements de R&D effectuent principalement du développement plutôt que de la recherche.

C'est très difficile de faire de la vraie R&D en aérospatiale. On parle de R&D, mais c'est beaucoup de développement, et de *best practices*, beaucoup de refaire tout ce qui a été fait [...]. Je ne banalise pas l'ingénierie, il y a beaucoup d'ingénierie pour intégrer toutes ces composantes, pour que ça marche, tout le temps, c'est la fiabilité en aéronautique, mais pas la nouveauté (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Cette double contrainte de l'innovation et de la sécurité aérienne pose un vrai défi. L'innovation c'est la nouveauté et donc le risque de faire des erreurs. Mais la sécurité impose de ne pas avoir d'erreur en vol, mais également une culture de tolérance zéro à l'erreur, même dans les phases en amont de la production. Et cela a un impact sur la quantité d'innovation et leur rythme d'apparition.

Si le management dit deux choses contradictoires, ça ne marche pas. Si d'un côté tu encourages l'innovation, la réduction des coûts, la nouveauté, mais que de l'autre côté tu imposes la fiabilité, l'assurance à 100% sans erreur... Si l'erreur n'est pas permise... parce qu'il faut que l'erreur soit permise en R&D. Du moment où l'erreur n'est pas permise, on va de validation, en validation puis en survalidation, donc le coût de la nouvelle technologie n'a aucun bon sens (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

7.1.3.3. Accès aux ressources financières

Or, le coût est un enjeu important. L'accès aux ressources financières est difficile, de plus en plus difficile. Il est vrai que le coût d'innovation est très élevé.

En aéronautique le développement de la technologie, cela coûte cher, très cher. Il faut faire beaucoup de développement, des prototypes, des essais, faire voler des avions de test. Comme les moyens ne sont pas illimités, il faut faire des choix technologiques, ce qui limite le développement et le rythme d'innovation. Parfois cela prend des dizaines d'années parce qu'il y a des développements prioritaires (Cadre supérieur, Maître d'œuvre).

Le financement de la R&D se fait souvent selon une priorisation relevant des décisions stratégiques prises par la haute direction. Cette priorisation se fait en fonction de la valeur perçue par la direction, plutôt qu'en fonction de l'impact réel. Il s'agit donc d'une optimisation sous contrainte financière à laquelle doivent jouer les départements de R&D.

C'est sûr que le problème qu'on a souvent c'est un problème de priorité. Typiquement les programmes de R&D c'est toujours la deuxième priorité, le *business* est toujours devant. Par exemple si on a quelqu'un sur un projet et cette personne est sollicitée pour travailler sur un projet d'un client payant, évidemment on le perd... C'est ça souvent la difficulté : trouver, avoir accès aux ressources de manière plus ou moins continue (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Si les projets de développement sont financés, car nécessaires, les vrais projets de recherche le sont beaucoup moins.

Parfois, il y a une petite partie du budget. Mais après ça quand ça devient sérieux c'est là que ça ne suit plus. Tu peux t'amuser, mais quand t'es obligé de vraiment prendre le tout et de réduire le risque par de la résolution de problème et de l'analyse, ça devient compliqué [de trouver du financement] (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

On touche là à une dimension particulièrement importante, traitant de la financiarisation du système économique et de l'impact sur le système de R&D.

7.1.3.4. Une financiarisation destructrice

Au-delà du coût important de la R&D, les acteurs observent depuis plusieurs années les conséquences du passage d'une logique industrielle à une logique financière.

Quelque part c'est juste les finances qui gouvernent l'entreprise. C'est dommage. [...] Si tu étais agriculteur par exemple, tu ne peux pas seulement récolter, c'est impossible : il faut

mettre ta terre en jachère de temps en temps, que tu l'enrichisses, que tu sèmes. Et là tu attends, il y a des graines qui lèvent, il y a des graines qui meurent. Mais si tu veux juste cultiver, à un moment donné tu appauvris ta terre. Ce n'est donc pas la finance le problème, c'est le fait de ne pas accepter de ne rien produire pendant un petit peu de temps, avoir de l'argent qui ne va pas rapporter. [...] Mais si tu veux toujours assurer un 20% aux actionnaires, la R&D ce n'est pas la solution. [...] Il faut se permettre d'avoir des périodes moins bonnes... (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Plusieurs acteurs relient ces problèmes du système de R&D au système économique : « Ce n'est pas juste la compagnie, même nous autres, on veut du rendement pour nos RÉER, c'est un choix de société global, pas juste un choix corporatif » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre). L'entreprise isolée est donc prise dans ce système, avec les conséquences sur ses priorités : « c'est économique, il y a une pression épouvantable sur les entreprises. C'est démesuré » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre). Cette pression du système économique est répercutée sur le système managérial. La conséquence se fait ressentir également à travers une forme de bureaucratisation de l'entreprise, tout orientée vers la création financière, se retranchant derrière une longue hiérarchie.

À un moment donné c'est la pression d'en haut, tout le monde finit par se rapporter au président, tu as beau être dans l'organisation de R&D, qui se rapporte aux opérations qui finissent par se rapporter au vice-président. [...] J'avais une équipe de recherche, mais j'avais un superviseur, plus un manager, plus un supérieur... Il y a 28 échelles au-dessus de moi. À un moment donné, ça se perd ce besoin de créativité (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Or, la R&D se distingue des autres processus de l'entreprise par une nécessité de créativité, qui rentre dans sa mission même. « Il faut pouvoir *flyer* » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

L'ingénieur de R&D est plus proche d'un processus créatif. Si on traite [le personnel de R&D comme les autres secteurs de l'entreprise], on les étouffe. Un processus créatif, on ne peut pas lui imposer un 9 à 4... ça vient comme ça vient, il faut que tu explores, que tu puisses aller à des conférences, présenter des papiers, échanger. Mais quand tu ne peux plus parce qu'il y a des coupures budgétaires, tu finis par te refermer et tu deviens stérile (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

À travers la pression liée à la financiarisation, les modes de gestion se standardisent, et cherchent à optimiser la R&D au maximum, sans prendre en considération les besoins spécifiques de celle-ci en matière de créativité.

[Les gestionnaires] ils ne sont plus là, ils sont déjà partis, ils ne sont plus là. Ils ne récoltent pas ce qu'ils ont semé. Les entreprises font de plus en plus de la gestion serrée, on fait des *bests practices*, on mesure nos KPI (*Key Performance Indicator*), et on fait du *lean*, et on fait

du *lean*, et on fait du *lean*. À un moment donné on va être tellement *lean* que le monde va juste péter au fret... (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Cette gouvernance financière a des conséquences lourdes sur le système managérial, se répercutant sur le système de R&D. On observe bien une pression de celui-ci sur celui-là.

En 10 ans j'ai vu de gros changements. Je me rappelle quand j'ai commencé, mon patron venait s'asseoir au coin de mon bureau, c'était avec tout le monde, puis c'était un échange, une discussion. « Qu'est ce que tu penses de ça, on devrait faire ça, etc. C'est bien le *fun* les idées que tu as eues, ça me donne des idées. As-tu parlé à untel ? » Aujourd'hui, c'est rendu à « ok, j'ai besoin d'une présentation pour les exécutifs pour demain matin ». Et de présentation en présentation... C'est ce que le monde ressent le plus : on a plus le temps, on a plus la liberté (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Les conséquences sur le système de R&D correspondent à une standardisation de la fonction R&D, à travers la mise en place d'indicateurs, la recherche effrénée de performance.

En fait plus on gère quelque chose, des fois, moins ça produit, surtout dans l'innovation. Des indicateurs, des KPI (*Key Performance Indicator*), etc. « Quand est-ce que tu vas trouver ? » Moi je me faisais poser la question par des équipes de chercheurs : « quand est-ce que tu vas trouver la solution ? » Je ne sais pas. On travaille là-dessus, c'est le travail implicite, c'est de ne pas savoir. C'est ça la recherche. Il faut être capable d'isoler, je peux comprendre que la gestion peut être correcte pour le reste : production, contrôle, approvisionnement. Mais en créativité... (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Ce type de mode de gestion pousse les personnes à une surindividualisation, à rechercher leur propre intérêt plutôt que celui de l'entreprise.

Il y a deux pyramides dans une entreprise, il y a du monde qui travaille vers le bas, et du monde qui travaille par en haut. À partir du *middle management*, le monde ne travaille plus pour les gens sous eux, ils travaillent pour ce qui se passe par en haut (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Les conséquences sur le système de R&D proprement dit sont néfastes, avec un assèchement de cette dernière et des innovations qui en résultent.

Chez ABC Aviation, ça a déjà été un environnement exceptionnel, les gens disaient que c'était la meilleure classe au monde pour travailler, parce qu'on avait l'équivalent des postes universitaires, mais au niveau industriel. Donc on pouvait se permettre de faire de la recherche juste pour penser au futur d'une technologie, saupoudrer un peu ici et là des fonds pour explorer. Dans les dernières années, c'était beaucoup plus orienté production à court terme... On voyait que les gens décrochaient de plus en plus, ils ne donnaient plus le meilleur d'eux-mêmes parce qu'on leur enlevait l'aspect créativité. [...] Je te dirais que dans les dernières années ce n'était plus ce que c'était (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Les contraintes de retour sur investissement, beaucoup trop fortes par rapport à la réalité de la R&D dans le secteur aéronautique, entraînent une position difficile pour tous les acteurs du domaine, et une focalisation sur l'innovation incrémentale - marginale plutôt qu'une réelle recherche.

Faire de la R&D avec un *payback* de 18 mois c'est très difficile, surtout avec un cycle de design de 10 ans pour un avion, 5 ans en tirant fort. C'est comme de dire je dois partir de rien, inventer quelque chose et en 18 mois avoir plein retour sur investissement, c'est difficile... (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Cette financiarisation entraîne des pertes de connaissances à travers la perte de personnel expert dans leur domaine.

En ingénierie, il y avait des processus, des *best practices*. Étant donné qu'on était initialement un peu plus un écosystème libre, il n'y avait pas vraiment de processus, c'était plus du bouche à oreille, de l'expérience, tout ça. Là l'expérience il y en a une coupe qui ont dû partir forcés — genre retraite très, très jeune. Beaucoup de ces connaissances-là sont parties, des beaux bagages d'expérience, des gens frustrés parce qu'ils ont 52 ans et qu'ils reçoivent une lettre leur proposant une retraite anticipée... alors qu'ils ont encore énormément à donner. Ça aussi, c'est de la gestion de connaissance ! (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

La financiarisation entraîne également des limites en terme de capacité d'absorption : en embauchant trop peu, en licenciant des personnes-clés, les connaissances reliées à des technologies spécifiques ne sont plus absorbées, ou plus difficilement. « Les problèmes surviennent à travers le manque de temps et de disponibilité des gens d'ici. Il est évident qu'ils font ce qu'ils peuvent pour soutenir le travail [du produit] que nous fabriquons, les développements de nos projets, mais il y a cette quantité supplémentaire de travail que nous leur donnons dans la recherche [...] quand cela va bien, on ne peut pas embaucher comme on veut, parce qu'on n'a pas la concordance avec le cycle d'apprentissage » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Il est étonnant de voir que le rôle des universités et des enseignants-chercheurs s'inscrit dans l'impact de cette financiarisation sur le système de R&D. L'innovation ouverte et la collaboration semblent atténuer en partie les impacts de la financiarisation, en externalisant la R&D vers l'université, mais dans le même temps, en transformant l'université.

Les universitaires ont moins cette contrainte-là. Si les universitaires s'intéressent à la problématique, ils n'auront peut-être pas le carcan de l'entreprise, ils pourront donc peut-être arriver à un point où ils intéressent l'entreprise (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Cette question sera discutée dans le chapitre 8.

On observe donc un impact du système économique sur le système managérial, et du système managérial sur le système de R&D, ce qui valide l'hypothèse H2.

7.1.3.5. Conséquence : un rythme lent de l'innovation

Conséquence de ce conformisme, important et de cette double contrainte, de cet accès limité aux ressources financières, et à cette financiarisation, le rythme de l'innovation dans le secteur aéronautique est relativement lent. « Les technologies qu'on développe, c'est des technologies du futur qui auraient dû être implémentées ça fait longtemps » (Cadre intermédiaire, Sous-traitant). La certification allonge encore le processus, car il faut un délai de 5 à 10 ans pour obtenir la certification auprès des autorités régulatrices afin de déterminer « que c'est absolument sécurisé, que tous les aspects ont été étudiés, qu'il n'y a pas de cas particulier ». Les tests sont effectués grandeur nature, ce qui coûte cher et dure longtemps, mais permet de diminuer les imprévus. « Tant qu'on n'a pas fait l'exercice en vraie grandeur, on ne sait pas si cela va fonctionner, ni combien cela va vraiment coûter ».

Un des problèmes courant de l'aéronautique, c'est que la certification du véhicule rend difficile de s'améliorer. Et cela pose le problème de l'arrivée d'un nouveau joueur, qui arriverait avec une technologie radicale. On ne peut pas améliorer nos produits, parce que cela coûte cher à certifier, à améliorer à cause de ça. **La rigueur de la certification ne rend pas avantageuse l'introduction d'amélioration.** Si tu avais assez confiance dans ton système de design pour faire 99% des tests en simulation, et quelques-uns pour de vrai... (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Les pratiques *lean* permettent en partie une accélération des procédures de conception, mais sont critiquées pour leur "assèchement" de la créativité qu'elles peuvent engendrer si elles sont appliquées au processus humain.

On met des *gates* de qualité, mais c'est moins facile à mesurer parce que c'est vraiment le travail dans les bureaux. Moi je ne regarde pas tout ce qui est du côté production. Mon but c'est qu'une fois que ça arrive de l'autre côté, à la production, les erreurs ne soient plus là, les résultats soient bons, la qualité soit là. C'est que le temps de signature d'un dessin soit diminué parce qu'on aura les bonnes procédures qui permettront de les vérifier, que les dessins seront relâchés avant de partir en production aussi (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Tout cela engendre une culture conservatrice en matière d'innovation au sein du secteur aéronautique. Si la question de la sécurité est importante, elle n'est pas suffisante à tout expliquer.

Là où c'est moins évident, c'est que dans l'aviation lorsque les choses sont établies, qu'elles soient médiocres ou merveilleuses, c'est difficile d'avoir du changement. Et ce changement ne se fait que par preuve économique parce que juste la sécurité ce n'est même pas encore assez (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Un autre acteur note que dans l'industrie aéronautique, « quand ça marche on reste là, on ne bouge pas. C'est très conservateur comme industrie. C'est pour ça que lorsqu'on veut remplacer un procédé, un matériau, une technologie, c'est toujours par rapport à ce qui existe »⁴² (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

C'est là que les contraintes extérieures provenant de la concurrence, des gouvernements, des clients sont intéressantes, voire dangereuses pour l'industrie québécoise, car elles obligent le secteur à bouger. « Là on ne peut pas plus fermer les yeux parce qu'on sait qu'on risque de perdre à long terme si on ne va pas dans cette voie-là » (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier). L'avion vert permet de remettre en cause des pratiques conformistes.

Malgré tout, cela pèse sur le rythme des innovations reliées à l'avion vert. Les entreprises « ne sont pas prêtes à dire on veut être vert point. On est prêt à tout changer et puis c'est la priorité no 1. Elles n'en sont pas là » (Cadre intermédiaire, Université/Centre de recherche). Tant du point de vue de la R&D que de l'avion vert, travailler plus en collaboration avec d'autres entreprises ou avec des centres de recherche ou universités permet en partie de dépasser ces limites (voir la section 7.4).

⁴² Les propos sont évidemment à prendre avec un *grain de sel*. Certains changements radicaux peuvent être effectués de manière ponctuelle

7.2. Spécificités de l'innovation environnementale au sein du système de R&D

Lorsque l'on pose la question des spécificités liées aux projets verts, la réaction des acteurs est initialement souvent la même : à première vue rien de spécifique, qui les distingueraient d'autres projets.

Que ce soit vert ou pas vert, je ne pense pas que ce soit spécifiquement parce que c'est des projets verts, c'est parce que ce sont des projets d'innovation. On avait besoin d'introduire de nouvelles manières de faire de nouvelles manières de communiquer (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Pourtant, il ressort de l'analyse des entrevues que les mêmes personnes confient des modifications au niveau de l'individu, du groupe, du système de R&D. Également au niveau inter-organisationnel à travers la collaboration comme on le décrira à la section 7.4.

Des projets toujours à justifier

Plus que les autres projets de R&D, les projets verts sont toujours à justifier par les départements de R&D, toujours en quête de légitimité sur le bien-fondé de ces projets, comme si le rôle de l'avion vert ne s'était pas encore répandu dans toute l'entreprise au même rythme.

C'est toujours une question de priorité au niveau managérial. En effet, on se trouve devant des situations « est-ce que vous êtes prioritaires ou non ? » Si nous on est prioritaire ou non parce que c'est vert. On est constamment en train de démontrer que oui, c'est important. Constamment en train de le justifier, même si tout a été créé, basé sur ça, mais c'est comme s'ils avaient besoin de l'entendre à chaque fois. À chaque budget c'est une discussion, [...] toute la discussion est autour de ça : « Est-ce que c'est important, qu'est-ce qui n'est pas important ? Est-ce que c'est important de faire ça ? — Oui ! ». On se trouve dans des situations « est-ce que tu peux enlever ce projet-là ? - Non je ne peux pas » (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Les départements de R&D cherchent à dépasser ce problème par la discussion. Il faut convaincre, discuter, justifier, expliquer. Tout n'est pas négatif dans cette justification permanente : cela peut pousser les équipes de R&D à s'unifier autour de projets verts, et à les défendre d'autant plus, à y mettre plus d'effort et d'énergie, provoquant une volonté de dépassement de soi.

Discuter, discuter, sur les comités on leur montre vraiment ce qu'on a fait, donc c'est vraiment de cette manière-là. Quand ils sont ouverts à t'entendre, mais on essaie de solliciter ce genre de rencontres pour leur expliquer où on en est, comment on a avancé. Pour certains projets c'est curieusement des projets où on carbure le plus... je pense que c'est à cause de ça d'ailleurs, on essaie de donner plus d'efforts pour montrer que ça va marcher. Pour certains, oui, il y a beaucoup de scepticisme autour de ça. [...] Les gens se sentent défiés par rapport à ça, il y a beaucoup de *challenge* parce qu'on ne croit pas que ça peut marcher. Mais, oui ça peut marcher (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Malgré tout, l'appui de la haute direction reste essentiel, pour l'avancée des projets environnementaux. C'est souvent contre d'autres départements que la « lutte » ou justification permanente doit se faire, mais si la haute direction n'appuie pas l'avion vert comme direction stratégique, c'est alors beaucoup plus difficile. « Ce qui importe pour que les projets environnementaux fonctionnent, c'est d'avoir l'appui de la direction » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

7.2.1. Au niveau de l'individu - une modification de la perception des acteurs

Ce besoin de justification permanente tire une partie de son origine d'une perception multiple des projets environnementaux. On observe en effet trois types d'attitudes possibles par rapport aux projets verts. La première est une relative neutralité, les projets verts sont perçus et jugés comme n'importe quel autre projet pourrait l'être. La seconde est une attitude bienveillante, jugeant ces projets utiles et bénéfiques pour la société et pour l'entreprise, permettant à l'individu d'inscrire son travail dans une stratégie dont il perçoit l'utilité collective. La dernière attitude est une perception négative, entraînant une absence d'adhésion et un rejet.

Au niveau des collègues, il y a différentes réactions « bon vous faites n'importe quoi » ou « c'est pas utile ce que vous faites » vraiment des réactions de ce genre. Et puis d'autres « oh c'est extraordinaire, est-ce que je peux aller dans votre groupe ? ». C'est vraiment deux attitudes complètement différentes. C'est très personnel, il y a des gens qui voient beaucoup l'innovation comme quelque chose d'important pour eux et d'autres qui sont bien confortables dans leurs carcans, dans leurs petits trucs, on fait toujours les choses de la même manière et c'est correct. « Qu'est-ce que c'est que ces gens-là qui viennent nous dire qu'il y a d'autres manières de faire ? » C'est des attitudes qui existent, c'est deux attitudes qui existent et je suis sûr, qui continueront à exister tout le temps. Et ça existe partout. Je veux dire au niveau de l'ingénierie, au niveau de la production ça existe partout (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Cette attitude négative tire généralement son origine d'un manque de connaissances sur les enjeux environnementaux et les causes de l'avion vert ainsi que d'une forme de rejet de l'innovation et du changement. Cette dernière attitude s'observe le plus souvent en dehors des départements de R&D.

Très souvent les gens qui dénigrent c'est des gens qui ne sont pas au courant. Et malgré ce qu'on essaie de faire pour mettre au courant les gens, il y en a beaucoup qui sont même réfractaires d'écouter ce qu'on fait (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Comme cela a déjà été présenté dans le précédent chapitre à la section 6.3.2.2, la perception des acteurs est modifiée à travers la dynamique générationnelle. Par ailleurs, pour changer cette perception négative, les acteurs peuvent avoir recours à de la formation sur les enjeux du développement durable, ou à la formation à de nouvelles pratiques. Dans certains départements, des formations sont données aux ingénieurs afin de leur apprendre les bases des pratiques de l'écoconception, « pour s'assurer que dans ce qu'ils font tous les jours, ils tiennent compte de ces nouveaux critères ».

On peut également noter que le fait de travailler sur des projets environnementaux modifie le regard, la perception que portent les acteurs sur ces pratiques.

Le fait que l'on développe un avion vert, on touche à toutes, toutes, toutes les technologies de l'avion, puis on les regarde autrement. On explore d'autres avenues technologiques, sur quantité de choses (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Cela peut s'observer sur les habitudes de travail, sur les pratiques en dehors des projets dits verts. Plusieurs acteurs ont confié avoir une autre perception de l'environnement depuis qu'ils travaillent sur des projets environnementaux.

[Depuis que l'on travaille sur des projets verts on observe] des choses qui sont afférentes : le vélo, le transport en commun, on utilise moins la voiture, on recycle plus, on achète des produits qui sont fabriqués locaux. Oui, c'est des choses qu'on regarde. C'est presque une influence indirecte, mais oui. J'imagine que les autres entreprises, c'est un peu la même chose aussi (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche).

Ce changement de perception a pour conséquence un changement de priorité dans la prise de décision des acteurs, plus en faveur des projets environnementaux. « On fait des discussions qui viennent dans la décision que l'on doit prendre, c'est un facteur nouveau qui peut faire changer la méthode » (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche). Comme tous les

acteurs n'ont pas encore cette perception, la question de l'avion vert varie beaucoup d'une entreprise à l'autre, mais également d'un département à l'autre.

Les ingénieurs, quand ils ont à prendre des décisions, qu'est-ce qui *drive*, motivent leurs décisions ? Pour moi, ce n'est pas sorcier, mais il faut poser les bonnes balises. Si on te dit qu'il faut que ça coûte le moins cher possible à assembler, là tu ne te demandes pas : « est-ce que je consomme plus de matériau brut ? » Pour moi un ingénieur puis un designer, ils ont toutes les connaissances maintenant quels sont les critères de décisions ? Faut juste les définir autrement (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Ainsi, le changement de perception des individus entraîne une augmentation du poids des critères environnementaux dans les prises de décision, et la mise en place de critères ou d'indicateurs environnementaux qui n'ont pas été historiquement pris en compte.

C'est le regard que l'on porte là-dessus. Si la question qu'on se pose, c'est « bon ok, c'est quoi le poids de la pièce ? », on va suivre mois par mois l'évolution du poids de la pièce. Mais on peut-tu savoir aussi c'est quoi l'évolution de la quantité de débris, de déchets produits par la fabrication ? Juste ça, c'est en train de se faire... (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

La présence de ces indicateurs rend visible ce qui ne l'était pas. Ce changement de perception est important dans les cas où les critères économiques sont contradictoires avec les critères environnementaux, permettant de donner plus de poids à ces dernières.

Ça prend des ressources financières importantes et on a le choix d'aller avec quelque chose d'un peu plus polluant, un peu moins vert. Jusqu'à quel point on met les ressources pour obtenir x % de réduction ? [...] Ces décisions-là sont des décisions d'affaires que les entreprises doivent prendre à mesure que les recherches donnent des retombées. Est-ce que les retombées sont assez significatives pour poursuivre avec des programmes qui vont viser une commercialisation de ça ou sinon c'est plus des décisions d'affaires qui seront prises plus tard ? (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche).

Toutefois, même si les sphères économique et environnementale peuvent parfois sembler contradictoires à court terme, ce n'est pas le cas sur de plus longues périodes de temps. Car la survie de l'entreprise peut être menacée si elle ne prend pas en considération les requis légaux, la concurrence, les différents facteurs exogènes présentés dans le chapitre précédent.

Parfois, c'est « oh oui vous voulez utiliser ce procédé ? Mais attendez, il va me coûter plus cher. Moi j'ai un procédé qui roule depuis des années c'est correct, celui-là va me coûter plus cher ». Oui ça peut rentrer en conflit, mais ça, c'est une vision à court terme (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

D'où, pour plusieurs acteurs la nécessité de prendre des décisions en considérant le long terme, ce que contrarie la logique financière qui en imposant des périodes de temps courtes, s'oppose parfois à la dimension environnementale.

C'est pour cette raison que nous, quand on se justifie au niveau des projets qui touchent à l'environnement, on justifie toujours avec le long terme. Jamais justifier avec le court terme. Si je prends nouveau procédé et ancien procédé, on est perdant à court terme, il n'y a rien à faire, il n'y a jamais de nouveaux procédés moins chers que d'anciens procédés. La seule justification c'est une de long terme. Étant donné les lois qui sont instaurées, alors il va y avoir de moins en moins de demandes pour ce procédé moins cher et ils vont tous aller demander ce procédé-là donc on a intérêt à l'instaurer. C'est vraiment montrer la vision long terme pour pouvoir justifier de tout ça. Court terme : JAMAIS (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Un métaobjectif d'ordre global

Ce changement de perception de l'acteur transforme l'objectif environnemental en ce que l'on pourrait qualifier de **métaobjectif**, c'est-à-dire une idée d'objectif global, pouvant se retrouver dans des projets verts — ou pas — et pouvant intervenir sur d'autres dimensions que celles prévues initialement, permettant d'aller au-delà de la simple réalisation de projets par étape ou par objectif, permettant de retrouver une vision systémique du projet ou du produit.

Toutes les personnes qui sont autour ont conscience qu'ils travaillent dans ce sens-là. Donc lorsqu'on fait nos projets il y a toujours ces aspects [environnementaux] qui sont regardés. Par exemple ça peut être pour changer un procédé par un autre, très souvent c'est une étape du procédé qui est visé. Par exemple on sait très bien le chrome, [...] on ne l'utilise plus parce que le chrome hexavalent, s'il se retrouve dans les nappes phréatiques, c'est cancérigène, on peut avoir beaucoup de problèmes de santé. Ce n'est pas bon pour l'environnement non plus, pas uniquement pour la santé humaine. On dit OK, cette étape là on veut l'éliminer. Et je vois que quand on rentre dans l'étude, donc quand la finalité est d'éliminer cette étape. Et dans cette étape, il y a tout un procédé. Ce qu'on essaie de faire, c'est d'analyser tout ce procédé-là. Par exemple les gars qui travaillent dans le groupe, chacun dans son projet, ils se disent « ouais, c'est vrai que je travaille pour changer le chrome, mais regarde dans cette étape-là il y a du trichloréthylène. On devrait l'enlever n'est-ce pas ? Oui. Bon alors maintenant, on l'utilise alors il faudrait l'enlever ». Donc on l'enlève, alors que la finalité du projet c'était de changer pour le chrome. On reste avec une vision globale qui est orientée pour rester cohérente avec l'objectif environnemental. Que cela reste orienté pas uniquement vers l'étape de départ qu'on a établi, mais vraiment de regarder le tout. On regarde vraiment tout de cette manière-là : le projet en lui-même et tout autour du projet en fonction de la finalité (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

À travers ces différents résultats, on peut enrichir le schéma proposé dans la section 6.3.2.2 du chapitre précédent pour proposer la Figure 7.2 suivant comme synthèse de la perception changeante des acteurs.

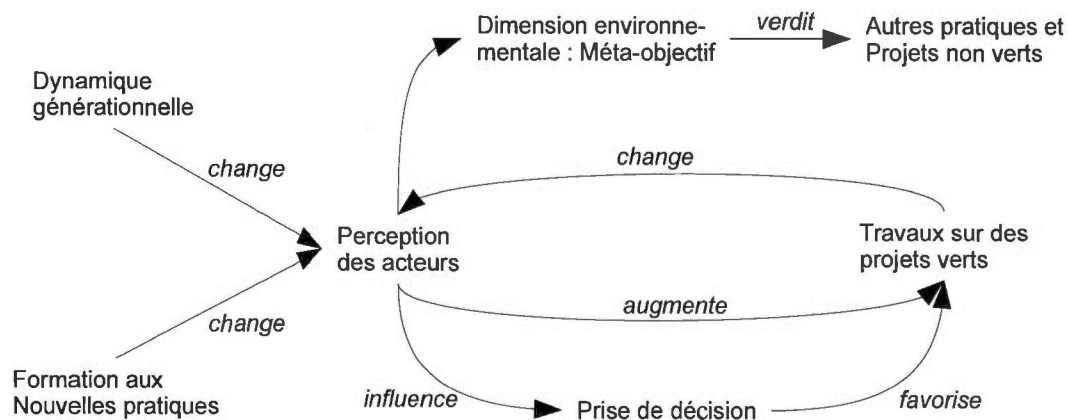


Figure 7.2 - La perception des acteurs (2/2)

Ces changements de perception des acteurs valident l'hypothèse H6 de l'influence de l'écovnovation sur les individus.

7.2.2. Au niveau du groupe - modifie les pratiques de travail

Ce changement de perception au niveau de l'individu a un impact sur le travail et les pratiques de travail au niveau des groupes de R&D.

Je suis convaincu que c'est en train de changer les pratiques et qu'à la fin de [notre projet], on va avoir fait un grand bout de chemin dans le changement des pratiques de travail pour plein de raisons. Et une des raisons c'est que c'est un projet vert. Donc oui ! Je pense qu'il y a plein d'autres raisons qui vont changer les pratiques de travail. Le fait que c'est un projet vert, oui (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Tous les acteurs ne le reconnaissent pas ou ne le perçoivent pas comme tel, mais pour certains, c'est un impact majeur.

Interviewer : Est-ce que travailler sur un projet vert modifie-t-il les pratiques de travail ?

Oh oui énormément ! (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

À noter que cet impact sur les pratiques de travail se fait également sentir lors de l'assemblage, mais pour d'autres raisons (nouveaux procédés, nouveaux matériaux, etc.).

Par ailleurs, le fait de travailler sur des projets verts rend souvent le travail et les connaissances plus multidisciplinaires (voir la section 7.3.2.1), ce qui oblige les acteurs à se coordonner encore plus, à de nouvelles pratiques d'échange, lieux de concertation, etc.

Les connaissances reliées à l'avion vert sont plus multidisciplinaires. Par exemple le bruit, les gens qui font la conception aérodynamique de l'avion, qui mettent un bec de bord d'attaque sur un avion. Avant, ils mettaient un bec de bord d'attaque sur l'avion de façon à maximiser la portance et minimiser la traînée. Maintenant, ils se préoccupent du bruit généré par le bord d'attaque à la sortie. Ils sont obligés d'entrer en conversation avec les gens d'acoustique, afin de connaître les caractéristiques acoustiques du bord d'attaque, et pour tenir compte de ces paramètres dans la conception. Une dimension acoustique en plus de l'aérodynamique. Ce qui ne se faisait pas avant (Cadre supérieur, Maître d'œuvre).

À travers les entrevues, on peut regrouper deux conceptions des pratiques de travail liées à des projets verts visant l'innovation environnementale impactant plus ou moins sur le travail des groupes de R&D :

- Une première conception correspond à l'atteinte d'objectifs verts, traduits en critères techniques à atteindre. Il s'agit d'une forme d'organisation ne modifiant pas l'organisation du travail, souvent présente sous une forme silotée.
- La seconde conception correspond à une intégration des pratiques vertes aux différents niveaux et paliers de travail de l'entreprise, avec une volonté de favoriser le partage en vue d'améliorer la situation à travers une redéfinition des processus de gestion et une redéfinition du travail.

Par exemple, cette équipe de R&D revoit ses procédures en vue de passer de la première à la seconde conception, dans une perspective plus collaborative :

Nous, on est dans le très technique. Donc, en fait, le projet vert va définir tes critères techniques. [...] C'est sûr qu'il va y avoir des objectifs définis par l'aspect écologique de la chose, mais ce n'est pas un projet qui va être plus difficile à gérer. C'est sûr que si je regarde les projets [du consortium de recherche] qui se veulent à tendance gestion des gaz à effet de serre, ça rajoute un aspect où [tel laboratoire de recherche] va venir faire une analyse du projet et va définir ça devrait être quoi le gain que l'on a. Nous, on n'a pas encore été impliqué là dedans, donc je ne peux pas dire qu'en ce moment on a modifié des pratiques de gestion due pour ça (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Un acteur décrit ce changement :

Avant c'était : on prend le département d'ingénierie avec son directeur, qui va faire les dessins, la conception, l'ingénierie. Une fois que l'ingénierie aura fini, dans son coin, on va transférer ça aux agents de méthode qui vont prendre les caractéristiques de l'ingénierie pour faire les cahiers de montage, et pouvoir donner ça ensuite aux assembleurs. Donc le département de méthode le prenait, faisait les cahiers. Mais ils ne se parlaient pas nécessairement entre les deux. Une fois que la conception des cahiers avait été faite, ils donnaient cela à la logistique, pour que la logistique puisse commander des pièces, ou qu'ils les envoient à la fabrication pour que le département de fabrication les fasse. Une fois que cela était fait, ils donnaient tout ça avec le montage aux assembleurs. Donc c'était toutes des silos, des microcellules, et c'était développé, monté, pour finalement sur le plancher se faire assembler, et livrer au client. [Maintenant] il y a des équipes intégrées de développement de produit. [...] Ils ont regroupé des ingénieurs, des agents de méthodes, des agents logistiques, des agents qualité, des assembleurs qu'on a été chercher sur le plancher, car ils étaient très qualifiés. Ils ont fait au-dessus de 60 ateliers en trois ans. Beaucoup beaucoup de *workshop*, des modèles réduits, des maquettes, des dessins, tout le monde, au lieu que ce soit chacun dans son petit département, pour concevoir l'avion (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

On retrouve là une représentation du processus d'innovation environnementale que l'on qualifierait plus d'étape par étape, et une version plus concourante et dynamique favorisant les échanges et la dynamique collective. Cette dynamique sera traitée plus en détail dans la section 7.4.

7.2.3. Au niveau du système de R&D - modifie l'organisation du travail

Plusieurs acteurs estiment que le principal problème lié à l'avion vert est une organisation du travail qui n'est pas adaptée au sein du système de R&D, comme l'illustre cet acteur :

Pour moi la réponse est très simple. Tu as une équipe d'ingénieurs et de designers, le cas typique dans n'importe lequel des projets. Une équipe de concepteurs, de designers et d'ingénieurs qui ont à l'heure actuelle un certain bagage de connaissances. Puis il y a une personne qui gravite autour qui a des connaissances en analyse environnementale : analyse de cycle de vie puis qui peut agir comme conseillère pour certaines décisions. [...] À l'heure actuelle, la personne qui est conseillère en gains environnementaux, on va dire, en analyse de cycle de vie ou peu importe, elle n'est pas impliquée dans le travail au quotidien. Cette personne-là a toutes les connaissances il y en a plein déjà, mais elle n'est pas là ou alors elle est là juste une fois de temps en temps, et généralement à la fin. Pour moi tout est là, il suffit juste de faire autrement (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Une fois la perception des acteurs modifiée et les pratiques de travail au sein de groupes de travail changés, c'est au niveau du système de R&D que l'on observe des modifications de l'organisation du travail. Notamment, une importance montante de personnes dans

l'organisation chargées de faire le pont entre l'environnement et l'ingénierie. « Des [gens comme ça] on en voit de plus en plus. Des gens qui comme ça sont ingénieurs, mais qui peuvent avoir un *background* en environnement aussi » (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche).

À travers les entreprises interrogées, on a observé plusieurs outils correspondants impliquant une telle modification de l'organisation du travail, on détaillera ici trois d'entre eux : les méthodes *lean*, la *rétroplanification* et l'*écoconception*.

7.2.3.1. Le *lean management*

Le *lean management* correspond à une approche systémique des pratiques de gestion visant à l'amélioration de celles-ci. Même si l'approche en tant que telle n'a pas été pensée dans une optique environnementale, plusieurs éléments sont concomitants à une telle amélioration.

Nous faisons trop de gaspillage. C'est là que l'aspect *lean* entre en jeu. Nous ne sommes pas *lean* dans la fabrication. En d'autres termes, on ne commence pas avec un morceau de métal de cette taille [grand] et à travers l'usinage, jusqu'à en obtenir un de cette taille [petit] (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Traditionnellement, le *lean management* concernait l'aspect opérationnel, en usine (fabrication, assemblage). Toutefois, le succès de cette approche l'a amené à évoluer vers la conception et la R&D.

Le *lean management* est basée sur le principe dit des 5S : *Seiri* — le trie, *Seiton* — le rangement, *Seiso* — le nettoyage, *Seiketsu* — la standardisation, *Shitsuke* : le respect. L'objectif visé est l'atteinte de l'excellence.

C'est suffisamment convivial pour que chacun soit capable de s'accaparer l'information, on suit des trainings pour s'améliorer sur certains points comme la résolution de problèmes ou les « 5 pourquoi » ou ces choses-là et c'est beaucoup de notions nouvelles pour beaucoup, c'est des choses que tout le monde ne connaît pas nécessairement et il y a une vraie volonté d'être capable d'escalader aussi, d'augmenter la communication... [...] Et cette initiative a pour but d'augmenter la connaissance (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Pour certains acteurs, ce type de pratique va de soi. « Bon, on n'a pas attendu que le *lean* existe pour l'appliquer en fait c'est juste que c'est le bon sens ! » (Analyste/ingénieur, Maître

d'œuvre) Ces pratiques permettent de simplifier les systèmes de l'entreprise, en standardisant conception et fabrication.

Chaque entité a ses propres outils, sa propre manière de faire et aujourd'hui on ne peut plus se permettre d'agir comme ça il nous faut vraiment un système standard. [...] C'est vraiment en terme de manière de faire et de méthodologie de travail (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

En tant que tel, adopter le *lean management*, c'est modifier les pratiques de travail. L'objectif vise à ce que les individus adoptent une vision d'ensemble plutôt qu'une vision spécifique à leur propre travail. Pour l'adoption des ces principes, une formation est souvent nécessaire, visant à un « inversement des priorités ».

En adoptant le *lean*, l'entreprise passe d'une conception linéaire à une conception concourante, et promeut le transfert d'informations entre acteurs. Elle vise à harmoniser les pratiques de travail, pour faciliter la collaboration au sein de celle-ci en promouvant le désilotage, et en visant à faire circuler les informations à travers l'organisation. Cela favorise également l'organisation d'équipes multidisciplinaires. Un acteur témoigne : le *lean* « a changé notre vision, nous a permis de travailler en harmonie les uns avec les autres » (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Les pratiques du *lean management* favorise la conception et fabrication d'un avion vert à travers deux aspects : la chasse au gaspillage et la diffusion d'informations.

Ne serait-ce que de juste apprendre c'est quoi le *lean* parce que je savais que c'était de faire du travail sans gaspillage ou de l'élimination du gaspillage. Je ne savais pas c'était quoi le gaspillage en général. [...] Et en termes d'apprentissage et de connaissances, j'ai énormément appris (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

En visant à améliorer la diffusion d'informations à travers la discussion et le partage le *lean* permet — au moins en théorie — de faciliter la conception d'un avion vert. Plus précisément, le *lean* encourage le partage d'informations, qui aide à la conception d'un avion vert.

Je pense que cela favorise l'avion vert, parce que les meilleures pratiques, les bonnes habitudes, ou les bonnes façons de faire vont amener à respecter les critères de l'industrie, les critères d'innovation, les critères les plus élevés auxquels on n'aurait même pas pensé, si on l'avait fait de façon plus individuelle. En disant « mais attend, si on fait ça de cette façon-là, on ne réduira pas de X% le CO2 de l'avion » (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Plus qu'une méthode de travail, le *lean management* correspond, lorsqu'il est appliqué sur des processus (et non sur des humains), à une philosophie de travail plus appropriée à la conception d'un avion vert dans une perspective d'élimination du gaspillage.

La philosophie de travail va avec les méthodes de travail et va avec la conception de l'avion aussi. [...] parce que ça favorise l'ouverture, la discussion le choix des matériaux, ce que je peux faire. Tout le monde peut mettre son grain de sel. C'est vraiment le partage [...] c'est de partager une idée au lieu de la garder pour soi, finalement elle aurait été excellente pour encore plus pousser l'avion à être plus vert (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Toutefois, le risque du *lean management* — que l'on retrouve au sein des systèmes de R&D — est de privilégier son aspect technique et ses procédures sur sa philosophie, et ainsi de l'appliquer aux individus, ce qui entraîne dans un assèchement de leur créativité.

7.2.3.2. La rétroplanification

La rétroplanification (*backcasting*) est un autre outil stratégique utilisé par les entreprises en vue d'organiser leur R&D, voire leur stratégie. Il s'agit de se projeter dans un futur suffisamment lointain, et de déterminer qu'à cette date éloignée, l'entreprise devra avoir amélioré son empreinte environnementale sur différentes dimensions. Par la suite, l'entreprise établit une planification visant à déterminer des étapes paliers à des dates échelonnées en vue d'arriver à cet objectif lointain. Cette démarche se fait en impliquant les acteurs, afin que celle-ci soit ancrée sur le terrain. L'intérêt de cette démarche consiste à permettre un raisonnement à long terme et non un ensemble de mesures disjointes variant au fil des années et des priorités conjoncturelles.

Comme outil stratégique, la rétroplanification modifie alors les pratiques de travail en fonction des objectifs fixés. Elle permet de préciser de façon plus concrète un certain nombre d'objectifs et de mettre en place l'organisation nécessaire à leur réalisation.

7.2.3.3. L'écoconception

Selon les entreprises, ces modifications n'ont pas eu lieu, sont en cours, ou ont déjà été réalisées, notamment à travers la création de groupes d'écoconception, notion déjà évoquée dans le précédent chapitre (cf. la section 6.2.1.4).

On a aujourd'hui un groupe qui s'appelle écoconception. Il y a 5-10 ans, vous n'auriez pas eu de département d'écoconception dans l'entreprise. Aujourd'hui, quand on fait un produit, que l'on achète une pièce chez un fournisseur, on lui demande la quantité d'électricité pour produire cette pièce, la quantité de produits dangereux dans le composant, les matériaux utilisés dans la fabrication de cette pièce. On fait la carte d'identité environnementale de chaque composant qui va dans un avion, afin de pouvoir additionner tout cela, pour obtenir un bilan complet de l'empreinte environnementale d'un avion. Ces choses-là ne se faisaient pas il y a 10 ans. Donc l'apparition de l'écoconception, c'est le gros changement de l'avion vert (Cadre supérieur, Maître d'œuvre).

Et effectivement, le fait de travailler en prenant en considération l'empreinte environnementale de l'avion modifie le cycle de production des connaissances

L'écoconception change notre processus de production des connaissances, en introduisant des préoccupations environnementales dans tout le cycle de vie du produit. Maintenant, on regarde tout le cycle de vie du produit, incluant la fin de vie, le recyclage, les matériaux utilisés, les procédés de fabrication des matériaux, même les procédés de fabrication des matériaux de base, est-ce que c'est environnemental (Cadre supérieur, Maître d'œuvre).

Dès le *design* de l'avion, il y a une grande quantité de critères et de données à aller chercher sur les procédés et les matériaux. Ceux à utiliser, à ne pas utiliser, à prendre en compte sur leurs durées de vie globale, leurs légèretés, leurs performances techniques, leurs assemblages, mais aussi leurs désassemblages pour l'entretien et la fin de vie.

Or, cela demande beaucoup d'information et de données à collecter dans l'entreprise, mais également auprès de ses fournisseurs et partenaires, ce qui est difficile à concilier avec la culture confidentielle, importante dans le secteur.

L'aspect intégration, écoconception, ça veut dire qu'on peut venir bousculer la façon dont l'industrie fait les choses et ça peut apparaître comme difficile. Les entreprises de l'industrie ne sont pas à l'aise avec le fait qu'on va aller voir comment elles travaillent que l'on étudie la façon dont elles procèdent actuellement, pour leur proposer des recommandations afin qu'elles s'améliorent pour intégrer l'écoconception à différents moments clés du processus de fabrication, d'innovation de design par exemple et de certaines méthodologies. Aller voir comment elles font, ça les met mal à l'aise (Cadre intermédiaire, Université/Centre de recherche).

Ces besoins en données et informations de la part de tiers nécessitent des modifications dans le choix et l'organisation des partenariats, qui ne sont pas toujours présentes dans les entreprises.

L'écoconception peut amener à revoir ses fournisseurs, à ajouter des contraintes supplémentaires. Disons que si tu as une bonne connaissance de tes fournisseurs, que tu veux les garder, continuer à travailler avec eux, si on ajoute des critères environnementaux et qu'ils n'arrivent pas à les passer, il va falloir modifier tout cela. Ça prend une volonté politique pour pouvoir faire cela. Et je ne la vois pas nécessairement cette volonté aujourd'hui. Pas encore. Ça va prendre un peu de temps avant qu'ils disent « il n'y a plus le choix, on y va » (Cadre intermédiaire, Université/Centre de recherche).

En effet, la récupération de ces données, tant pour l'analyse de cycle de vie que pour l'écoconception nécessite une relation de confiance, qu'il est parfois difficile d'établir.

Les données sur lesquelles se base l'ACV, devraient vraiment être développées. Soit il n'y en a pas assez, soit elles sont gardées de façon tellement confidentielle que c'est difficile. L'aspect transparence des données est une problématique dans le secteur. L'industrie aéronautique ne partage pas les données, or pour l'ACV, l'idéal c'est d'avoir une transparence sur les données qui sont utilisées pour faire des études afin de pouvoir faire évaluer par une tierce partie les études effectuées — enfin c'est le courant dominant dans le champ de l'ACV. La transparence c'est majeur, et dans ce secteur-là, c'est difficile. Cela ne veut pas dire que l'on divulgue tout. Mais avec la confidentialité importante du secteur, s'il y a des alternatives très transparentes et moins transparentes, naturellement, ils vont vers les moins transparentes. Et c'est très difficile de les faire changer là-dessus. Même entre compagnies qui ne sont pas concurrentes directement, mais qui travaillent dans le même secteur, c'est très difficile de leur faire accepter de partager des informations ou de créer quelque chose en commun. Chacun veut bien faire le même type de projet en parallèle, mais que cela reste chez eux. Dans ce domaine-là, il y a à la fois un intérêt pour partager des projets — on le voit avec [les consortiums de recherche] — sauf que les entreprises veulent conserver leurs connaissances à eux, ne pas les partager. L'ACV c'est un problème dans ce secteur-là (Cadre intermédiaire, Université/Centre de recherche).

Plusieurs acteurs cherchent des stratégies de contournement, pour — si ce n'est changer la culture, au moins l'esquiver.

Les ententes que l'on peut avoir, via [des consortiums de recherche], avec des personnes collées à l'entreprise qui ne pourront pas sortir de l'information et intégrer cela dans une base de données commune, le faire localement avec une personne de l'information pour que l'entreprise comprenne et garde le contrôle de l'information. Certaines entreprises ont embauché des experts en ACV pour le faire elles-mêmes (Cadre intermédiaire, Université/Centre de recherche).

Une interaction entre ces trois niveaux

Ces différentes pratiques de travail ne demeurent toutefois que des moyens et peuvent prendre différentes formes. Ce que l'on note c'est que travailler sur des projets verts entraîne des modifications en terme d'organisation du système de R&D, et que ces modifications entraînent des pratiques de travail différentes, modifiant la perception des acteurs, tels que le représente la figure suivante.

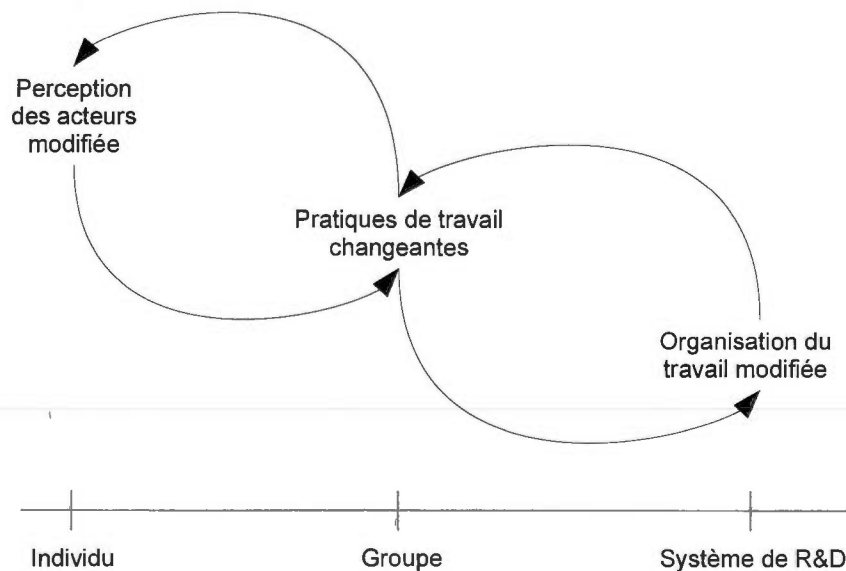


Figure 7.3 - Passage de l'individu au système de R&D

Ainsi, en travaillant sur des projets environnementaux, et en collaborant autour de ces projets, on observe une modification de la dynamique de travail.

Il faut une réorganisation du travail. Mais en même temps, il y a des connaissances qui s'élaborent chemin faisant, à savoir [notre organisation], il y a deux ans et aujourd'hui c'est quand même très différent. Et dans cinq ans, si ça existe encore — ce qu'on espère — ce sera très différent. Justement parce qu'on avance en se mettant autour d'une table, en se mettant à travailler, on voit le monde différemment et puis ça change notre propre conception qui amène du coup de nouvelles pratiques puis il y a une forme de boucle comme ça (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

C'est l'objet des sections 7.3 et 7.4 que de déterminer les pratiques mises en œuvre au sein du système de R&D visant l'avion vert, à travers les pratiques de gestion des connaissances (section 7.3) et les pratiques de R&D collaboratives (section 7.4).

À l'issue de cette section, on observe donc un impact de l'individu sur le système de R&D, ce qui valide l'hypothèse H1, ainsi que du système de R&D sur l'individu validant l'hypothèse H5.

7.3. Pratiques de gestion des connaissances mises en œuvre au sein du système de R&D

Cette section décrit les pratiques de gestion des connaissances mises en œuvre au sein du système de R&D des entreprises de la grappe aéronautique québécoise. La section 7.3.1 présente les pratiques générales de cette grappe alors que la section 7.3.2 se focalise sur les pratiques spécifiques reliées à l'innovation verte.

7.3.1. Pratiques communes de gestion des connaissances dans le cadre du système de R&D

Les pratiques de gestion des connaissances sont très reliées aux individus qui composent le système de R&D, d'où la description de ces personnes. Les pratiques de transmission et de création de connaissances sont également présentées l'une à la suite de l'autre.

7.3.1.1. Les individus : des travailleurs du savoir

Le premier constat à effectuer sur les individus composant le système de R&D est leur fort niveau de qualification. Il s'agit souvent d'ingénieurs, ayant un diplôme de deuxième, voire de troisième cycle universitaire dans un domaine scientifique ou technologique, comme le présente ce directeur R&D parlant des membres du système de R&D de son entreprise :

[Ils sont] tous ingénieurs. Certains avec un *background* de maîtrise, d'autres avec un *background* de doctorat. Il y a des pilotes de ligne, il y a des pilotes d'essai (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Même si ce n'est pas une pratique courante, certaines entreprises n'hésitent pas à demander où à offrir une double formation à leur personnel, afin d'avoir les connaissances scientifiques et technologiques nécessaires, ainsi que l'expérience et les attentes concrètes de leurs clients : « Moi, je suis directeur de projet de recherche [...] je suis aussi commandant, pilote de ligne d'un de ces avions, et donc je suis sur l'équipage d'avion lorsque l'avion vole » (Cadre

intermédiaire, Sous-traitant). Dans cette entreprise, cette double compétence permettant la multidisciplinarité des individus est vue comme un avantage compétitif dans l'industrie. « La multidisciplinarité des constituants de AéroAir fait partie de sa compétence distinctive, il n'y a personne chez nous qui n'a qu'un seul chapeau » (Cadre intermédiaire, Sous-traitant). L'entreprise n'hésite pas à donner la formation nécessaire lorsque les membres n'ont pas cette double compétence à l'entrée.

Je leur ai donné leur formation de pilote privé, pour que lorsqu'ils font de la programmation [pour nos produits], qu'ils aient une idée de ce que c'est que de faire voler un avion (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

L'importance élevée du savoir au sein des départements de R&D mène souvent à une organisation informelle fonction du niveau de connaissances et de l'expérience des individus.

Les échanges sont riches, étant donné que c'est une constitution matricielle, il n'y a pas vraiment de grand boss, d'échelon, de hiérarchie. La hiérarchie n'est pas au niveau des titres, mais des rôles et des connaissances. C'est une espèce de respect de la loi de la nature dans les responsabilités et les connaissances (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Toutes les personnes interrogées et leurs organisations reconnaissent l'importance de la transmission et de la création de connaissance au sein du système de R&D, selon des modalités différentes. « Si on donne un budget à un groupe avec un mandat, la réaction par défaut c'est d'aller dans leur coin et de faire ce qu'ils font sans être dérangés, donc il faut un peu formaliser les échanges plus ou moins périodiques, et les réaligner au besoin » (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier). Certaines entreprises focalisent de façon plus importante sur la dynamique humaine, d'autres sur les processus formels. On peut décrire ces deux formes à travers le partage et la collecte de connaissances explicites ou tacites. Par ailleurs, on décrira quelques bonnes pratiques de gestion des connaissances observées.

7.3.1.2. Partage et collecte de connaissances explicites

Généralement, quand on parle de connaissance, celle-ci est entendue comme connaissance explicite par les acteurs. Ces connaissances « c'est important qu'elles circulent [...]. Ça peut être toute sorte d'informations » (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche). Plusieurs systèmes sont mis en place selon les entreprises afin de faciliter leurs partages et leurs collectes. Traditionnellement, le système d'information occupe la première place.

On a des systèmes [du type gestion de cycle de vie]. On a des systèmes qui permettent de gérer de la configuration, de gérer du logiciel tout ça. On a aussi évidemment des serveurs, des répertoires donc on classe, lorsqu'il y a des recherches, des études, lorsqu'il y a de l'accumulation de données dans ce sens-là, au niveau des connaissances, on les rend disponibles à tous (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Pour les grandes entreprises, l'un des points forts reste souvent le répertoire d'entreprise.

On a un répertoire commun dans lequel on peut aller chercher les documents de référence qui peuvent s'appliquer autant à l'un qu'à l'autre. Il y a au moins cela. Mais c'est électronique, ce n'est pas de la communication en face à face. Il y a un minimum qui est fait à ce niveau-là (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

De tels systèmes permettent avant tout aux individus de se rencontrer lorsqu'ils se cherchent, permettant alors éventuellement l'échange tacite de savoirs, permettant de gagner du temps sur la recherche dans les systèmes de collecte d'informations proprement dits.

Ça deviendrait défavorable du moment où il n'y aurait aucune rencontre en face à face, chose qui n'a pas été faite, mais en même temps c'est défavorable parce qu'il y a encore trop de documents juste électroniques, et tu dois chercher par toi même, et tu devrais finir par tomber dessus. Je perds du temps, je ne trouve pas nécessairement la bonne réponse à ce que je cherche pour compléter mon travail (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

La multiplication de tels systèmes peut même rendre le partage d'informations plus difficile, en rendant ces systèmes difficilement interopérables ou maîtrisables par des individus non spécialisés. C'est également un défi lors de l'arrivée de nouveaux membres au sein de l'entreprise.

On a mis en place des outils à chaque fois pour un besoin bien spécifique sans relier les outils les uns aux autres sans faire de système central donc on a pleins de petits outils partout [...] il faut rentrer l'information à chaque étape et plus on doit rentrer l'information, plus on est susceptible de faire des erreurs. Personne ne vérifie la synchronisation de toutes ces informations-là. [...] Au niveau de la formation des nouveaux employés, c'est très compliqué parce qu'il n'y a pas juste un système, mais plus de 60 (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Pour plusieurs, ces systèmes, même s'ils coûtent chers, seraient souhaitables, car permettraient de se rendre moins dépendant des êtres humains, en stockant les savoirs explicites.

Des choses comme ça qui permettraient de garder l'information parce qu'aujourd'hui on fait un *meeting*, si tous les gens disparaissent on sait pas qu'est-ce qui s'est passé dans ce *meeting*-là, on ne sait même pas qu'il s'est déroulé, on ne sait pas ce qui s'y est passé... l'information dépend des personnes. [Un tel système permettrait d'] avoir des procédures systématiques qui nous permettent de garder l'information et d'être capables d'avoir toute l'information. [...]

C'est une volonté dans tout XYZ Aircraft de travailler comme ça, c'est sûr. [...] C'est un peu un rêve d'avoir tout automatisé (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Toutefois, les mêmes personnes reconnaissent souvent que ces outils sont difficiles à utiliser et demandent une rigueur de chaque instant.

La compagnie a mis en place, a donné des outils, on a les outils nécessaires pour être capable de le faire. Après c'est sûr c'est une rigueur au quotidien qu'il faut mettre en place parce que ça ne suffit pas d'avoir les outils il faut les utiliser correctement (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Souvent, ces systèmes sont créés trop loin du terrain pour être vraiment efficaces et utilisés. Plusieurs équipes s'organisent par elles-mêmes, lorsque ceci est possible, pour créer leur propre système local.

Étant donné qu'on était beaucoup, une dizaine, et qu'on générait énormément de résultats, on s'est monté notre infrastructure nous même, pour gérer — du moins dans notre équipe, laboratoire de recherche — un système parallèle pour gérer notre connaissance. Un genre de base de données, des trucs comme ça (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Les systèmes d'informations sont parfois utilisés pour mettre en place une cartographie des expertises et compétences, donc centrée sur les individus, dans une optique de gestion des talents.

Il y a une initiative là-dessus justement à identifier les personnes qui ont les compétences dans chaque département et faire une banque d'informations [...] c'est... un effort un gros gros effort de la compagnie à ce niveau-là, à court terme. D'être capable de savoir qui a quelles connaissances, on ne l'avait pas aujourd'hui (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Toutefois, ici encore, ces solutions sont jugées comme insuffisantes par les acteurs qui les utilisent, car il s'agit d'une solution technique à un problème humain dans l'organisation, ce qui arrive souvent par non-reconnaissance de l'importance des connaissances tacites (cf. plus bas).

Je pense qu'on peut faire mieux là. Ce n'est pas complètement optimal, on essaie par plusieurs initiatives de réunir l'information, de savoir en quoi les gens sont experts, mais ça ne va pas suffire. Ça ne va pas suffire (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Certaines entreprises ont également recours à des livres de connaissances. Ceux-ci visent à répertorier les savoirs autour d'un objet technique ou d'un processus. Ces livres de connaissances tentent de regrouper tous les documents qui ont été utiles pour le développement de cet objet ou processus, ainsi que les documents réalisés — plan, rapport,

etc. Ce livre est coproduit par différentes personnes et équipes ayant travaillé sur le projet en question. Il demeure toutefois réservé aux membres internes de l'entreprise.

Toutefois, selon un autre acteur de l'entreprise en question, les personnes qui devraient utiliser ce livre le font peu dans les faits. Même si ce n'est pas officiellement reconnu par l'entreprise, les connaissances sont transmises d'une personne à l'autre, parfois depuis des décennies, sans nécessairement de lien avec la vision des concepteurs ou ingénieurs ayant œuvré sur ces procédés ou produits. D'où l'importance d'observer le partage et la collecte des connaissances tacites.

7.3.1.3. Partage et collecte de connaissances tacites

Lorsque l'on parle de connaissances tacites aux acteurs de l'industrie, on observe que l'importance de ce type de connaissances est souvent mal comprise par les professionnels ou par nombre de leurs collègues, et la dynamique sociale, associée à un climat de travail agréable nécessaire à sa diffusion, déconsidérée.

Ce n'est pas du tout du tout la philosophie de XYZ Aviation. Non. Moi je le fais parce que je suis curieux et que je parle beaucoup à tout le monde et que je me retrouve toujours dans des missions où j'ai besoin de parler avec beaucoup de monde. Mais ce n'est pas reconnu, ce n'est pas encouragé. Dans mon département, c'est même mal vu. [...] Ce n'est pas considéré comme du travail. Oui. C'est mal vu (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Plusieurs facteurs sont la source de ce manque d'intérêt pour la dynamique sociale favorable aux connaissances tacites. Tout d'abord, un facteur culturel, lié à la tradition du vivre ensemble et du rôle du travail dans la société, empêchant de voir l'importance des conditions nécessaires à ces connaissances.

Je trouve ça dommage, mais en même temps c'est culturel. Je ne peux rien y faire, je veux dire les gens arrivent le matin, ne se saluent pas nécessairement, ou ils peuvent repartir et n'avoir parlé à personne alors qu'on est dans un *open space*. La communication n'est pas là et c'est pour ça qu'on n'a pas une très très bonne communication. Parce que quand c'est des communications plus informelles, comme de savoir comment ça va le boulot, il n'y a pas ça. Les gens ne se parlent pas (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

On peut voir dans cette considération faible pour la dimension sociale favorisant l'échange de savoirs tacites une autre cause en amont, liée à la logique financière du système économique

visant la rentabilité à court terme, se traduisant dans le système managérial par le fait qu'il n'est pas bon de ne pas travailler sur des activités directement rentables pour l'entreprise, et de se retrouver pénalisé par le management lors des évaluations pour cette raison. Plusieurs acteurs voient là une cause de cette absence de volonté de partager, dans une culture managériale du tous contre tous, où la connaissance accumulée peut servir de salut.

C'est un peu la peur de perdre son boulot, de se sentir inutile parce qu'on va donner toute l'information sur ce qu'on fait. C'est beaucoup comme ça partout. C'est surtout ça, la peur de ne plus être indispensable... Je trouve que ça tue une compagnie à petit feu, parce qu'on ne partage pas l'info, parce que tout le monde est indispensable.

Ce n'est pas parce que l'information est là que... quelqu'un qui ne laisse pas une trace, on ne sait pas ce qu'il fait à la journée longue. Je ne suis pas pour le micromanagement, mais je suis pour un minimum d'informations quand même. Pour moi quelqu'un qui ne donne rien, c'est quelqu'un dont on n'a pas besoin. C'est à l'envers que moi je le vois. Parce que c'est quelqu'un qui ne participe pas, qui ne donne pas vraiment de lui. Mais, en même temps ce n'est pas une vision d'employé. On me dit souvent que je n'ai pas une vision d'employé. C'est-à-dire que j'ai une vision d'entrepreneur alors que l'employé il défend sa place. Parce que c'est comme ça que le capitalisme marche.

Si tu documentes tout et que je n'ai pas besoin de toi au moment T pour savoir qu'est-ce qui a été fait dans ton boulot et que je suis capable de tout voir, dans ce cas je peux te virer du jour au lendemain. C'est à double tranchant. Les gens ont peur de perdre leur boulot ! [...] Or pour moi c'est juste une question de professionnalisme. Et ton expertise, on en a besoin tout le temps et la réalité c'est qu'on peut se séparer de toi du jour au lendemain que tu documentes ou que tu ne documentes pas (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

L'absence de prise en compte des conditions d'échange des connaissances tacites est également mise de côté par la direction, qui ne s'intéresse pas à celles-ci, vues comme non pertinentes, sans intérêts au regard de la mission du système de R&D ou de l'entreprise.

Ça, on s'en fout ! On s'en fout ! C'est dommage que chez [ABC Aviation], ils ne le voient pas. Pour eux, la connaissance reste sur la chaise et non pas avec la personne, tu peux déplacer les gens comme tu veux. D'ailleurs c'est un peu ce qu'ils font avec leurs cadres : pour être bon il faut avoir fait 6 mois-là, 8 mois là, 10 mois là... Finalement tu es dans une situation où personne — aucun exécutif — n'est là depuis suffisamment longtemps pour implanter une chose et en voir les conséquences, les vivre. C'est aussi ça qui se passe au niveau des employés. Le monde ne reste pas si longtemps que ça (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Ici encore, le lien peut se faire avec un management du système de R&D entrant sous l'influence de la logique financière, et cherchant à se protéger d'individu qui serait irremplaçable de par leurs trop grandes connaissances.

C'est nouveau ça. Avant, c'était valorisé de rester longtemps, mais là pour progresser, ils favorisent beaucoup la flexibilité aux dépens de l'expertise. Autrement dit, il vaut mieux avoir

quelqu'un qui connaît tout qu'un spécialiste. **Parce que cette personne devient dangereuse, si elle part. Plutôt que de protéger ces joyaux-là, ils ne se mettent plus en position de « faiblesse ». Ce que ça fait, c'est que ça appauvrit, à mon sens (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).**

Dans ces conditions, c'est les gestionnaires intermédiaires qui, en reconnaissant l'importance de ces connaissances et des conditions pour les favoriser, permettent au système de R&D de fonctionner et de continuer à innover.

J'avais des gens contractants, parce que tu peux plus engager, tu es limité, mais faut que tu innoves, donc tu engages un doctorant à contrat, puis une maîtrise, puis un autre, puis 2, 3 étudiants, et tu finis avec dans le labo du monde qui n'a pas forcément de permanence, mais qui donnent d'eux-mêmes de façon extraordinaire parce qu'ils croient, et parce qu'ils aiment l'équipe. [...] Et moi je faisais parapluie, je les protégeais de tout ça. **C'était *happy world en bas, et en haut je mangeais les coups. Ça m'a fatigué beaucoup. Et quand je suis parti, ils sont tous partis, tout le monde a lâché le bateau. Il n'y a personne qui a continué*** (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Des connaissances utiles

Pourtant, nombre d'acteurs interviewés reconnaissent le rôle central des connaissances tacites et donc des êtres humains pour leur diffusion et même leur existence.

Il y a juste une personne qui connaît ça. En fait, il n'y a pas de création de connaissance. Si la connaissance qui est créée, elle n'est pas utilisable où elle n'est pas utilisée ou qu'elle n'est pas transmise, alors elle ne sert à rien (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Or, mettre l'emphase sur les connaissances tacites, c'est reconnaître que ces connaissances sont embarquées (*embodied*), et donc le rôle primordial des personnes sur le terrain, dans une interaction permanente avec le système de R&D.

Toujours avoir l'avis de la bonne personne, aller chercher des projets et que cela implique le technicien qui est sur la machine, qui va avoir à faire tout de suite, dès le début. On va jaser, échanger des idées. C'est lui la meilleure personne qui dit qu'est-ce qu'il faut que tu fasses dans ton projet (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Or, plusieurs reconnaissent l'importance primordiale au niveau individuel d'un accès à ce type de connaissances.

J'apprends énormément en faisant ça en fait. À tous les niveaux. [...] C'est vital, je veux dire sinon je ne saurais même pas comment on travaille, je ne serais pas au courant de bien des choses. Je suis au courant parce que les gens m'en parlent parce qu'au détour d'une conversation d'un couloir je leur ai demandé comment ça allait... je veux dire j'ai

énormément d'information là-dessus, mais c'est naturel parce que c'est ma façon de fonctionner (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Ce savoir tacite individuel, partagé au sein d'un groupe, permet de prendre des décisions plus éclairées, et devient un facteur important dans le succès ou l'échec de projets.

C'est sûr que tous les bons coups qu'on fait c'est toujours des projets où le monde se parle, où les gens prennent l'opinion de l'autre, de l'opinion de l'autre, de l'opinion de l'autre. Inversement, tous les mauvais coups c'est qu'il y en a un qui s'est pensé super star et qu'il pensait avoir les réponses tout seul. Il n'a pas tenu compte de l'opinion de l'autre, et ça, tous les coups où ça va mal, c'est un coup comme ça. Donc c'est essentiel (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Or, échanger des connaissances tacites est un véhicule permettant de **confronter et d'échanger un ensemble de valeurs**. Par la suite ces valeurs orientent, dirigent l'innovation et ouvrent les acteurs à de nouvelles idées.

Je pense que ce qui est spécifique à l'avion vert, c'est que tout le monde soit sensible à l'importance de l'environnement, soit sensible à ça. Je pense que ça se crée aussi parce que des fois il y a des gens qui s'ajoutent au groupe et puis on le dit, soit en blague soit autrement. « Ah oui, tu travailles sur l'avion vert et tu jettes ça comme ça » (rire) (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Les connaissances tacites permettent également d'établir de faire d'un groupe plus que l'ensemble des individus qui le compose, en établissant une synergie au sein de celui-ci. Les conditions libérant la parole (voir plus loin dans la section) et créant une ambiance favorable au partage de connaissances tacites permettent aux équipes d'établir des liens où les forces des uns viennent compenser les faiblesses des autres.

Ces connaissances sont de l'ordre du subtil. Souvent aussi quand tu donnes du *loose* à ton équipe, on n'est pas tous pareils, on a tous des forces et faiblesses, donc si tu mets un carcan trop serré, ils ne sont pas bons dans certaines choses que tu les forces à faire, tandis que si tu enlèves les frontières, ils vont se compenser mutuellement. On travaille en logique floue, et c'est là que le processus d'entraide commence. Et c'est là que tu décuples la productivité, parce que c'est là qu'on peut parler de synergie (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Partager l'information et la connaissance permet d'enrichir celles-ci, mais également de créer du social, et donc des conditions de travail meilleures et plus efficaces.

Chaque fois que l'information circule elle s'enrichit. C'est ce que je vois, quand une personne donne une information sur son projet et que les autres réagissent « tu as vu cette voie-là ? Et ça ? » En aucun cas elle ne peut handicaper, en aucun cas. Ça enrichit le monde, d'ailleurs on le voit. Je vous le dis par expérience (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Encadré 7.1 - Un exemple de création suite à des échanges d'informations

« Nous on travaille sur l'aéroacoustique donc pour diminuer le bruit sur le [produit] et puis les gens de matériaux parfois disent ne pas comprendre très bien ce que font ces gens-là, beaucoup de modélisation et simulation. Mais comme ça a un impact par la suite sur le design du [produit], les gens qui travaillent sur l'aéroacoustique viennent, exposent leur travail et à certain moment on s'est trouvé à faire du brainstorming sur la manière de designer de manière à amoindrir le bruit et tout le monde était là, même le gars de matériaux et procédés, tout le monde était en train de donner et le gars d'aéroacoustique était tellement content « oui, je n'ai pas pensé à ça, je prends ça en note, etc. », ça lui a donné des idées qu'il n'avait pas auparavant, au niveau des changements de conception pour justement minimiser le bruit du [produit]. Si on le fait dans cette partie-là, si on met tel autre matériau qui va couvrir à ce niveau là, ça va minimiser le bruit... Donc c'est des affaires qui, s'il n'avait pas discuté dans ce cadre-là, seraient restées au niveau de sa simulation, de sa modélisation, **ça ne lui serait pas venu à l'esprit**. Donc ça lui a ramené plus d'idées. C'était génial, il y avait une très grande interaction. Et puis, en plus on se permet de dire n'importe quoi, personne ne va dire « non tu dis n'importe quoi » puisqu'on sait qu'on peut aller dans des sentiers non défrichés et puis trouver des choses nouvelles et puis oui, oui pourquoi pas » (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Favoriser le partage et la collecte de connaissances tacites

Il n'y a pas de recette managériale miracle, mais c'est un ensemble de facteurs, comme favoriser les liens entre les acteurs, leur permettre de se rencontrer, le plus souvent en réel, « le face-à-face reste toujours la meilleure façon de faire en entreprise ». Favoriser les échanges directs entre individus, à travers une reconnaissance de l'importance de ces rencontres. Certains groupes cherchent à favoriser ces liens en diminuant l'importance accordée aux savoirs explicites : « on cherche à réduire au maximum la documentation et augmenter les discussions, les échanges entre personne ». Les différents comités peuvent également être un lieu d'échange de telles connaissances, et permettent de sensibiliser à

certain enjeux ou problématiques tels ceux rencontrés dans la conception de l'avion vert, ou lors de mélange et de brassage d'équipes qui permet aux individus d'échanger avec d'autres acteurs ayant des connaissances et points de vue distincts. Différentes initiatives de mentorat existent également, permettant de faciliter la transmission intergénérationnelle de connaissances.

Cette dernière occupe une place toute particulière, car la problématique du transfert de connaissance est souvent abordée et mise en pratique à travers cette forme, de par le métissage générationnel présent dans les organisations.

Entre nous, il y a différents niveaux il y a des juniors, des intermédiaires et des seniors dans une même discipline. La transmission des connaissances c'est dans l'exécution et la transmission du travail (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

La dimension générationnelle est importante en ce qui concerne les questions environnementales. En effet, les personnes des plus jeunes générations arrivent plus fréquemment avec un ensemble de valeurs leur donnant une conception différente du monde, mais ils manquent souvent de confiance en eux, ce que les seniors peuvent leur apporter.

Interviewer : donc vous pensez que les jeunes aiment beaucoup cette dimension environnementale, verte ?

Oui avec leur naïveté, c'est ce qui est beau parce que ça fait remettre certaines choses en cause. Et c'est normal c'est la dynamique humaine. Sauf que les jeunes sont gênés, ils hésitent un peu, ils n'ont pas trop confiance en eux. Et nous les gens seniors, on les met en confiance, on les implique, leur donne des responsabilités (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Ainsi, on observe dans le cadre de la dynamique intergénérationnelle une forme de coévolution et d'apprentissage mutuel, remettant parfois en cause des valeurs et des façons de faire qui ne l'étaient pas jusqu'à présent, et forçant parfois l'industrie à se questionner sur ses pratiques.

C'est des personnes, des êtres humains qui travaillent là... Vous formez un jeune, ce jeune va faire un stage en industrie vous avez une collaboration. Au début, l'industrie dit « c'est quoi cette histoire-là », mais finalement c'est très très enrichissant pour les deux. Vous savez quand vous faites entrer un jeune, [...] qui pose 1 000 questions, le gars il dit « tu m'emmerdes là » (rire). Finalement ça le fait travailler. On est obligé de réagir à ce jeune qui est là, qui est supposé apprendre, mais au fond l'autre apprend aussi... donc transmission de connaissance définitivement, et éventuellement le jeune va être embauché, parce que s'il est bon ils vont le garder (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Il est également important de lutter contre la rétention d'informations, même si on l'a vu, celle-ci comporte des liens avec le système managérial, donc difficile à changer à un niveau local, d'où l'importance des gestionnaires intermédiaires.

Il y a beaucoup de rétention d'information, dans les groupes d'ingénierie d'une manière générale. Au niveau du groupe R&D, on voit que ça ne peut pas marcher. Ce qui est important c'est que l'information puisse circuler facilement, pas uniquement au niveau du groupe, mais justement au niveau de ces ponts que l'on veut installer un peu partout. Ça aussi c'est des choses qui s'installent. C'est comme une machine qu'on pousse, je n'ai pas l'impression que c'est une réaction naturelle de partager l'information. D'après mon expérience et ce que je vois, partager l'information n'est pas une réaction naturelle. Donc c'est vraiment de l'instaurer (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Ce partage d'informations permet de créer de l'interaction nécessaire aux échanges de savoirs.

Ce qu'on fait au niveau de notre groupe de R&D, on a une réunion toute les deux semaines et chacun des acteurs doit parler de l'évolution de son projet, avec ce qu'il a trouvé, etc. **Ce qui est intéressant c'est qu'il y a de l'interaction** et même les gens qui s'occupent d'un autre projet peuvent donner leur *input* et ça fait avancer beaucoup l'autre personne. Ça donne de nouvelles idées, donc il y a cet aspect-là, mais c'est aussi l'aspect que tout le monde sache ce que tout le monde fait, qu'on ait l'information un peu partout (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Pour être capable d'établir un véritable échange entre individus, il est nécessaire que la parole de ceux-ci soit relativement libre, afin qu'ils puissent s'exprimer et parfois délivrer à travers cette parole libérée des connaissances importantes pour d'autres acteurs.

On s'amuse bien en faisant ça, on dit « regarde je vais te dire quelque chose d'idiot » puis finalement ce n'est pas si complètement idiot qu'on le pense. À ce moment-là les gens se relâchent, quand on a commencé quelque chose en pensant que c'était idiot et finalement, que ça ne l'était pas. « Moi aussi je vais te dire quelque chose ». Ça permet d'aller plus loin. Et puis... c'est vrai que les gens ont toujours peur de dire des choses « idiotes » entre guillemets, et donc s'abstiennent. Ils ont peur de parler pour ne rien dire. Moi ce que je trouve super, on a des stagiaires — quand je dis stagiaire, on s'entend ils ont des maîtrises ou doctorat — et bien ils donnent leurs idées, vraiment c'était super (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Or pour être capable de libérer cette parole, les conditions et le climat de travail jouent un rôle primordial, et plusieurs acteurs cherchent à améliorer celles-ci.

Dans chacun des dossiers, dans chacun des créneaux, j'essaie toujours d'avoir plus qu'une personne qui va être au courant, de la technologie, du projet pour que la transmission se fasse de cette connaissance-là. Parce que sinon premièrement en tant que corporation on est à risque, et aussi il n'y a aucun avantage. Si tu dépends d'une personne et « pouf » elle part comme ça... oui les personnes c'est important oui, mais en même temps, c'est le bassin de

connaissances qui est le plus important. Et ça, ça se fait en rencontre face à face, ça se fait dans le corridor, ce n'est pas dans une rencontre qu'on va faire la transmission de connaissances ça se joue au quotidien donc l'ambiance de travail s'il n'y a pas de communications c'est fini (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Le climat de travail et les conditions de celui-ci sont influencés par le stress que peuvent ressentir les individus, d'où l'importance de chercher à diminuer celui-ci.

On a moins de stress peut-être que les autres groupes, je vois le groupe X qui doit fournir des dessins parce qu'il y a des inspections avec le client... Nous on a peut-être, je dis peut-être, plus ce temps-là, je dirais ce luxe de pouvoir se retrouver, échanger, partager. [Même si on a des objectifs, que l'] on est vraiment tenu à des échéanciers, on a des dates butoirs. [...] **Le stress c'est aussi l'ambiance, je ne pense pas que le stress ce soit uniquement le volume ou les contraintes de travail c'est aussi l'ambiance. C'est très important** (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Par ailleurs, créer des conditions de travail favorables donne aux individus une source de motivation intrinsèque forte dans leur travail, les poussant à se dépasser pour celui-ci comme dans cet exemple :

On avait un groupe merveilleux, l'écosystème que j'avais réussi à créer était extraordinaire. [...] Il y avait une super interaction, donc ils donnaient des heures de fous. J'avais un jeune qui rentrait de nuit pour surveiller les machines, ce n'était pas moi qui lui demandais ça... il le faisait parce qu'il était motivé, il croyait au projet. [...] Ils m'ont invité à souper la semaine passée, ils disaient : on était bien, c'était le fun, on s'ennuie de ça (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Le problème, c'est que le système managérial en vigueur au sein du système de R&D est peu compatible avec ce type de pratique, raison pour laquelle il est difficile de faciliter le partage de savoir tacite dans tous le système hormis les équipes dont le gestionnaire est rentré « en résistance » contre ces modes de gestion.

Il n'y avait pas un projet, il y avait plusieurs projets, et on pouvait échanger le matin... Pour quelqu'un de l'extérieur, ça pouvait avoir l'air improductif parce qu'on n'était pas en avant de nos ordinateurs, on prenait le café, mais on parlait de nos problèmes, le monde parlait de tout « j'ai eu tel problème — ça me fait penser à ça. — Ah oui, c'est une bonne idée. » Le monde pouvait parler. On avait du fun, donc ça n'avait pas l'air productif. Mais **on livrait énormément de résultats dans cet environnement-là. Mais ça choquait certains gestionnaires** (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

7.3.1.4. Dynamique de création de connaissances

Tant le partage et la collecte de connaissances explicites que tacites sont nécessaires à la création de connaissances, mais elles ne sont pas suffisantes. La question de la multidisciplinarité est très importante, car elle permet l'intégration des systèmes.

Quand on parle d'un avion vert, ce n'est pas un département qui est concerné, c'est plusieurs départements. La plupart des départements des universités travaillent en silos, donc si vous voulez avoir un regroupement qui peut connecter ces départements, c'est très bien. Alors le fait d'avoir un *system integration*, multidisciplinaire, multidépartemental, c'est très important. On ne peut pas faire un avion sans voir le moteur, sans considérer l'avion, dans son ensemble (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

L'angle de vue adopté est particulièrement important, car c'est lui qui détermine l'usage qui sera fait des connaissances, et l'orientation que celles-ci vont prendre. « Je vois la nécessité des connaissances requises avec les yeux que j'ai, dépendamment du *background* que j'ai », (Cadre intermédiaire, Sous-traitant) précise l'un des responsables R&D interrogés. Ainsi, la multidisciplinarité permet d'avoir une vision plus globale, plus générale d'un produit ou d'un processus, plus proche de la réalité en questionnant cette dernière à travers de multiples perspectives, et donc de trouver des solutions plus adaptées.

Je peux dire que le problème c'est lorsque la connaissance ne se transmet pas ou lorsque la connaissance ne se reconnaît pas. Souvent on va rencontrer un problème avec un client. Le client va dire « nous on arrive avec la solution, et la solution c'est ça. Alors toi AéroAir, tu vas nous aider à ce que le gouvernement approuve cette solution-là, pour qu'on l'installe dans les avions ». Alors on dit au client, laisse nous analyser ça, et on lui explique que ça, ça ne marche pas, ça ne va pas etc. Donc on lui explique finalement que le transfert de connaissances de son côté lui a beaucoup manqué parce qu'il a fait ça juste en connaissance d'une cause et non pas en connaissances de toutes les causes qui auraient dû être considérées (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

On peut dire que plutôt que la recherche de l'excellence, c'est la compréhension des différents enjeux, et la volonté de les faire dialoguer qui est à la base de la création de nouveaux savoirs.

Autrement dit, plus dans une personne il y aura des ressources, meilleure sera la vision globale de l'ensemble, et meilleure sera la capacité d'unir des choses toutes décousues, toutes séparées qui vont donner un effet bénéfique. C'est hallucinant, c'est hallucinant les bénéfices qu'on va avoir en mariant [différentes disciplines ...]. Si vous mettez un pilote pur, c'est une chose. Si vous mettez un pilote qui a fait de la recherche, c'est une autre chose. [...] Il y a un compromis : bon dans tout et très bon dans rien, ou très bon dans quelque chose et bon dans rien d'autre ? Il y a ce compromis-là. **Mais chez nous on le voit, plus quelqu'un a une vision**

large et globale, plus elle est capable d'apporter de faire une synthèse, d'apporter des solutions (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Or souvent, l'organisation du système de R&D au sein de l'industrie, que ce soit à l'intérieur d'une entreprise ou lors de collaboration, se fait en forme de silo, c'est-à-dire de départements ou d'entités fonctionnant indépendamment les uns des autres, et où la connaissance reste hermétiquement close. L'un des problèmes de ce fonctionnement en silo, c'est que cela provoque des conflits, non pas sur des questions épistémiques ou de développement de connaissances en vue d'arriver à un produit, mais plutôt sur des représentations du monde différentes et des enjeux politiques entre disciplines, entre départements.

On essaie vraiment d'éviter tout ce qui est silo là... et puis ce qu'on voit dans d'autres organisations c'est souvent ça qui est le conflit, c'est d'un silo à l'autre la compétition embarque et on essaie, en fait on ne l'a pas ça ici donc c'est vraiment... la collégialité (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Au-delà de la multidisciplinarité elle-même, avoir des perspectives différentes à travers des histoires de vie, des trajectoires variant d'une personne à l'autre permet une diversité supérieure, et une richesse plus importante lorsqu'il s'agit ensuite de les regrouper ensemble.

Quand on est dans un contexte très pointu comme dans une gestion de [tel procédé], là ce qu'on fait c'est que les personnes se consultent entre elles, elles se *challengent* entre elles. Alors il y a des visions, des cultures différentes. Chez nous il y a 6 nationalités. Avec cette différence de nationalité là, cette différence de *background* là, quand on travaille sur un même projet, ouaw ! Là il y en a des points de vue différents (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

De ce point de vue, la place des **valeurs et des représentations** des acteurs semble particulièrement importante, le travail d'équipe intégrant cette diversité permet la création de connaissances plus riches.

On échange sur les priorités, sur les valeurs. Je lui raconte mes défis, lui me raconte les siens et là on fait le pont, on fait le lien. Et après ça lorsque monsieur se retourne et qu'il travaille sur son [produit], là il a une meilleure perspective (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

À travers l'échange de valeurs, la création de connaissances interpersonnelles devient possible, permettant de donner une conception, une représentation plus globale et plus réelle des besoins et du résultat nécessaire. C'est une des raisons de la richesse des échanges intergénérationnels que d'échanger et de mettre en confrontation des valeurs différentes.

Les valeurs poursuivies sont particulièrement importantes, car elles permettent d'orienter la création de connaissances (voir la section 7.3.2). Cela est d'autant plus vrai lorsqu'il s'agit de donner du sens à des formes de travail éminemment complexe.

En effet, les tâches de R&D dans le secteur aéronautique sont d'une grande complexité, d'autant plus pour les travaux autour de l'avion vert (voir la section 7.3.2). Cela augmente l'importance du travail en commun pour relever les défis nécessitant des connaissances dans un grand nombre de disciplines : « Un avion, c'est complexe, il n'y a personne qui fait un avion tout seul. C'est un travail d'équipe ». Pour plusieurs acteurs, projets verts ou projets non verts, les deux sont d'une complexité vraiment très importante.

Il y a plein de projets « non-verts » qui sont très complexes. Ça ne veut pas dire que le projet avion vert n'est pas complexe, il y a des questions dans les projets verts qui sont très compliquées aussi, mais certaines dans des projets non verts sont tout aussi complexes (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Toutefois, cet avis porte sujet à discussion entre acteurs, car pour d'autres, la question environnementale ajoute une dimension nouvelle complexifiant encore le travail de R&D.

Au-delà de tous les critères de fonctionnalité, avant on se préoccupait de ce que cela coûte, et du point vu fonctionnel, est-ce que cela va marcher. Maintenant, on se préoccupe « si on le fabrique comme ça, on va utiliser combien d'eau, combien d'énergie ? » Il y a des dimensions additionnelles. C'est plus complexe, c'est une évolution naturelle. Il y a des paramètres en plus à prendre en compte (Cadre supérieur, Maître d'œuvre).

En fait, il est difficile de faire la part des choses, puisque ce n'est pas nécessairement des technologies vertes en elles-mêmes qui sont plus complexes, mais des technologies s'inscrivant dans le contexte global de l'avion vert. Ainsi, l'utilisation croissante d'électronique embarquée et d'électrification de l'avion augmente grandement la complexité, mais permet également des gains importants au niveau environnemental (cf. Chapitre 6).

Ça, c'est des gros défis en termes de complexité, c'est peut-être là, même si ce n'est pas le plus visible. [...] Je pense que c'est un élément des plus complexes de l'avion moderne : la complexité logicielle. Oui c'est très complexe, logiciel, matériel, c'est du *firmware*, de l'ingénierie du système... c'est très multidisciplinaire... (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

L'introduction de l'informatique comme outil de conception modifie le rapport à l'objet avion, et à la connaissance entourant celui-ci. Alors que les savoirs étaient cloisonnés afin de

pouvoir travailler sur chacune des notions prises indépendamment les unes des autres, il y a un travail de « décloisonnement épistémique » en cours.

Ce n'est même pas multidisciplinaire, mais *multi-component*. C'est-à-dire on ne peut pas regarder un moteur sans l'avion, c'est l'intégration des deux ensembles, c'est un système. Ce n'est pas la discipline, parce que la discipline si on parle de la discipline, c'est *manufacturing, material, performance*, tout ça, mais je parle de *multi-component*. [...] Ce travail, on commence à le faire, de plus en plus. Par exemple [notre entreprise] a un comité [*green aircraft*] qui n'est pas seulement *l'engineering*, c'est aussi le *supplying*, les fournisseurs, le *manufacturing* et *aftermarks* et tout. C'est à travers toute la compagnie (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Si ce type de travail est simplifié par l'utilisation de l'informatique, ou plutôt rendu possible par l'utilisation de cet outil, il entraîne néanmoins une complexification entraînant une surcharge informationnelle pour les individus. La grande complexité crée un problème auquel les différents individus dans les équipes de R&D sont confrontés, à savoir une diminution de la capacité à traiter ces informations. L'augmentation des équipes de travail si elle peut aider n'est pas nécessairement une solution, car cela peut augmenter la quantité d'interactions avec de nouveaux membres.

Le problème numéro 1, c'est le manque de temps. Quand une personne vient me voir, et même si la relation se passe bien, je n'ai pas le temps de rentrer dans les détails. Le temps, le rythme de travail sont un grand frein. On a une grande charge de travail. Une trop grande charge de travail. Et l'augmentation du personnel n'est pas forcément une bonne idée, car cela augmentera le nombre d'interactions... Il y a clairement une accélération du travail, qui a deux facteurs : 1) le fait que les technologies permettent de faire plus, cela pousse les gens à en faire plus. 2) la complexification des technologies, ce qui fait que cela prend beaucoup plus de temps pour améliorer nos technologies, pour aller chercher le 5-10% d'amélioration (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

De ce point de vue, les connaissances tacites permettent d'après plusieurs acteurs de lutter contre la complexité des connaissances en partageant selon une logique informelle et intuitive certaines formes d'organisation du savoir.

Au niveau de la recherche, les connaissances sont partagées, mais contrôlées. Les connaissances à haut niveau sont partagées, mais il y a une question de temps et complexité d'information. Et ce qu'on essaye de faire, c'est de donner de la formation et l'information seulement aux gens qui en ont besoin pour leur travail. Il y a beaucoup plus d'informations que ce que n'importe quel individu est capable d'absorber. Ce n'est pas juste une question de connaissance technique. **Les projets de recherche vont tellement dans le détail que quand tu regardes le rapport de recherche, il n'y a que ceux qui ont travaillé sur le programme de recherche qui comprennent vraiment quelque chose. Ce qui est important c'est de savoir sur quoi qui travaille. Pas nécessairement le détail. Pour ça, il faut quelque chose**

pour faire des liens. Entre collègues on se tient au courant, on a des discussions informelles, c'est très important (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Les processus dialectiques d'échanges entre individus permettent d'aider à la fois à une meilleure connaissance de l'autre — et donc à cette formation intuitive de l'organisation du savoir, mais également à faire émerger savoirs et idées. Parfois, d'une forme de tension — dans la mesure où celle-ci est bien canalisée, peuvent naître de nouveaux savoirs.

J'ai déjà eu des discussions où l'ingénierie et les gestionnaires étaient opposés. L'ingénierie disait « si vous ne le faites pas vous allez perdre la proportion de ce que vous voulez en retirer justement de cet avion-là ». Et le manager de dire « oui, mais si je prends ton idée, ça va me coûter plus cher et j'ai déjà *busté* mon budget ». Du coup, les idées se confrontaient beaucoup entre l'ingénierie et la gestion des fois. Mais ils ont finalement trouvé un compromis et dire ok : on va mettre de l'avant, fais-nous un tableau comparatif de si on le fait et si on ne le fait pas. Prouve-nous que ça va valoir la peine. Et il y a eu des *challenges* et des remises en question. [...] Entre l'ingénierie et la gestion, des grandes discussions et des graphiques et des calculs. Oui, il y en a eu en masse. [...] Ça commence par de la confrontation et ça se termine par une synthèse. C'était bon finalement. Si on ne s'était pas confronté dès le départ, et puis si tu ne nous avais pas *challengés*, on serait peut-être passé à côté de quelque chose. Des fois c'est un non catégorique et des fois il y a la porte qui est ouverte. Alors on saute à pieds joints quand la porte est ouverte. [...] C'est vraiment « apporte des preuves, on va analyser l'impact. Si ça fait du sens on va le prendre si ça ne fait pas du sens on ne le prendra pas » (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Ces débats se font dans le cadre du système de R&D et du système managérial et économique dans lequel se trouve l'entreprise, donc avec des contraintes — notamment financières — non négociables. Toutefois, au niveau du système de R&D, la dialectique permet d'avancer, d'éviter l'enlisement intellectuel dans des connaissances préexistantes au sein de ce dernier.

On essaye de maintenir une saine controverse autour des choix technologiques. On discute, on débat, on fait des recherches, et après ça, on effectue des tests. Quand il y a un bon débat scientifique, versus tout le monde pense pareil, c'est plus sain d'avoir, de maintenir une vision critique. Cela permet de faire avancer les connaissances à travers le débat (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Avec cette complexification croissante et la dialectique permettant l'émergence d'idées et de connaissances, il y a un risque de perte de vue de la finalité poursuivie. D'où l'importance cruciale d'un objectif fort, permettant d'orienter le processus de création de savoirs pour garder une cohérence générale, alignée avec la stratégie de l'entreprise, rôle tenu par l'avion vert (cf. Chapitre 6).

C'est juste que c'est l'objectif qui change. Que ça fasse moins de bruit ou que ça pue moins, *fine*. Moi mon objectif de la veille c'était qu'il ne brise pas, celui du lendemain qu'il ne fonde

pas, et celui de demain c'est qu'il consomme moins d'essence (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

On peut représenter schématiquement la dynamique, dans le cadre de travaux liés à l'avion vert par le schéma représenté sur la Figure 7.4. Le climat de travail et la dynamique sociale présente permettent la libération de la parole, favorisant le partage et la diffusion d'informations et de connaissances tacites, jouant sur les valeurs des individus et sur la volonté de s'orienter vers l'avion vert.

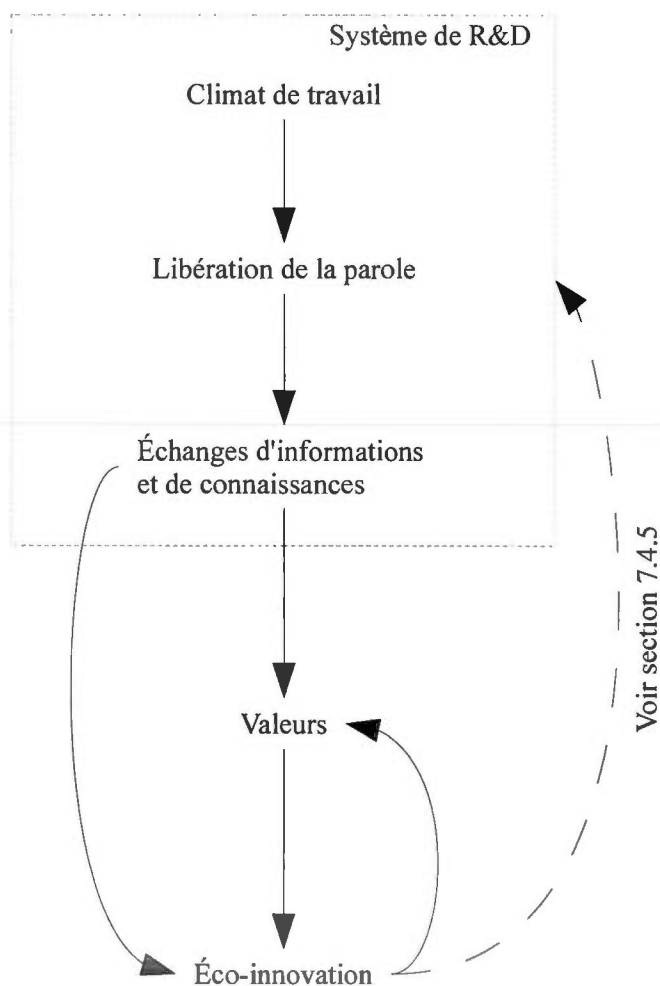


Figure 7.4 - Impact du système de R&D sur les valeurs

7.3.1.5. Bonnes pratiques de gestion des connaissances

Plusieurs entreprises cherchent à s'inspirer des bonnes pratiques en matière de gestion des connaissances, observées dans d'autres départements ou d'autres entreprises.

XYZ Aircraft encourage vraiment ça parce qu'ils disent ce n'est pas juste entre nous qui pouvons générer de la connaissance, il faut aller voir ce qui se fait ailleurs. Il faut aller chercher les bonnes pratiques et essayer de les amener chez nous si on peut, si ça s'applique (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Les pratiques en gestion des connaissances sont toutefois disparates selon les entreprises, et parfois sans réelles formes établies

en terme de transfert et de gestion des connaissances, il y a des choses qui sont répertoriées, mais il n'y a rien de standardisé encore, donc c'est un peu pêle-mêle (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Dans le cadre de cette recherche, plusieurs bonnes pratiques ont pu être observées et sont exposées à titre d'illustration. Les pratiques de collaboration seront abordées dans la section 7.4.

Les **pratiques de veille** sont disparates, et si certaines entreprises y ont recours de façon systématique, c'est loin d'être le cas pour toutes. Par exemple, cet acteur dans une grande entreprise relate son expérience de veille :

Ça se fait de manière très informelle. En fait, j'avoue qu'on n'a pas de vrai mandat pour ça, non. [...] Moi je le fais parce que ça m'intéresse et parce que je travaille avec des personnes. Parce que justement dans notre travail, je peux être mis en contact, enfin je peux travailler avec des contracteurs qui ont travaillé dans d'autres compagnies et là je leur demande de l'information sur ce qui se passait avant et c'est informel, ce n'est pas nécessairement encouragé ou ce n'est pas nécessairement reconnu ou quoi que ce soit (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

À l'inverse, d'autres entreprises du secteur réalisent une part importante de leur activité de R&D à travers la veille technologique, très formalisée comme pratique, afin de suivre les avancées dans son domaine, des compétiteurs, des universités, etc.

Dans le cadre de mon travail, je fais beaucoup de l'analyse compétitive (veille) pour essayer de comprendre ce que font nos compétiteurs. La veille technologique correspond à 5 à 10% de mon travail. Mais tout le monde n'est pas chargé de faire ça. [...] On a une politique de récupération de l'information, on essaye de sensibiliser les personnes quand ils vont à des forums, des congrès, etc. (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Un tel retour d'expérience et d'apprentissage est loin d'être systématique, et beaucoup d'entreprises ne le pratique pas, ou uniquement sous l'angle du développement des compétences dans une perspective de gestion des ressources humaines, mais pas dans celle d'une veille stratégique et technologique, malgré la participation importante à des formations ou des colloques.

On ne s'en parle pas. On en parle avec notre boss, il nous demande un petit compte-rendu, mais en équipe on ne s'en parle pas. Ils vont être au courant que je m'en vais à un colloque [...] mais ils ne savent pas nécessairement après ça ce qui s'est passé, il n'y a pas de questions posées, pas de discussion ouverte autour de la table sur ça, en équipe avec mes collègues. Mon boss me l'a demandé. Mais sinon l'information n'est pas partagée entre nous. C'est zéro. [...] Sur le plan du développement humain, mais dans le partage, il n'y a rien qui est demandé. C'est pour moi que je le fais. Moi, je vais apporter avec ça une plus-value à l'entreprise, mais si ça a une plus-value pour quelqu'un d'autre... Sauf si de mon propre chef, je parle à quelqu'un de ça. Mais c'est une initiative de l'employé parce que ce n'est pas quelque chose qui est demandé (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Les comités internationaux peuvent également servir de lieu de veille afin de sonder les connaissances développées à l'extérieur de l'entreprise. « Les gens qui vont dans ces comités-là, ils sont bien branchés et il y a une mise à jour des connaissances qui se fait là » (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Pour les acteurs menant de telles pratiques de veille, celles-ci sont favorables à la conception de l'avion vert, car elles permettent de rester à niveau sur des enjeux pas nécessairement maîtrisés par les industriels, et leur permettent de gagner un temps précieux.

Parce que de voir ce qui se fait dans les autres secteurs, de savoir ce qui se fait dans les autres secteurs industriels, de savoir ce qui se fait ailleurs sur la planète dans différents domaines [...] c'est bénéfique pour l'avion vert. Parce que d'un secteur à l'autre les défis sont différents. Et de pouvoir voir la recherche comme des gens qui sont disponibles pour réfléchir plus à comment avancer avant de pouvoir appliquer les méthodes, à faire un transfert de connaissances dans les deux sens c'est assez dynamique (Cadre intermédiaire, Université/Centre de recherche).

Plusieurs entreprises ont également mis en place des **communautés de pratique**, permettant d'échanger entre professionnels, personnes impliquées autour d'un sujet. Ainsi, dans le cadre d'une entreprise cherchant à améliorer ses pratiques de développement durable et de conception d'avion vert, une telle communauté a été mise en place. Cela permet aux responsables « d'avoir des yeux et des oreilles partout » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre). Pour ce faire, l'équipe a identifié des « champions », c'est-à-dire des personnes

motivées par les questions environnementales, et les tient informés, les implique, et se sert de ses membres comme relais d'informations — dans les deux sens — au sein des différents départements. C'est « une sorte de club de sympathisants » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Ce réseau de personnes impliquées dans le développement durable composé d'une cinquantaine de personnes suit des formations, récupère du matériel, dispose d'un journal avec les actualités et informations, en plus des réunions sur une base mensuelle. En plus de ces pratiques formelles, un réseau informel s'est tissé et les personnes discutent désormais de gré à gré.

Les pratiques de **formation** sont importantes. Les différents acteurs se forment de façon individuelle ou par des pratiques institutionnalisées par leur département ou leur entreprise. L'équipe met en commun ces « talents » individuels pour en tirer des connaissances en confrontant les points de vue de chacun à travers une dialectique.

La formation continue prend de multiples formes, dans ou à l'extérieur de l'entreprise, ponctuelles pour certains outils ou continue, sur des sujets techniques ou de « *soft skills* ». Elle se trouve facilitée par les nouvelles règles de l'ordre des ingénieurs du Québec (OIQ) imposants de telles pratiques à ses membres.

Au niveau de la gestion des projets, les qualifications PMP, oui il y a des joueurs chez AéroAir qui sont allés chercher leurs qualifications *Project Management*, ils ont fait ça. Sinon il y a des gens qui sont en formation continue, soit à temps partiel pour faire une maîtrise, il y en a d'autres qui réalisent des formations ponctuelles pour rencontrer les critères de l'ordre des ingénieurs (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Dans les grandes entreprises, les pratiques de formation sont généralement intégrées dans la politique de ressources humaines de l'entreprise, à travers des plans de développement des employés ou d'autres mécanismes du même ordre. Certaines grandes entreprises ont également une université interne avec des cours réalisés en interne, ou achetés à l'extérieur.

Dans certains cas, la formation peut être l'occasion de questionner les pratiques en cours, et de donner de nouveaux types d'outils aux acteurs de la R&D, comme l'écoconception.

La participation à des conférences ou salons permet également d'être le lieu d'un transfert de savoir. Cela permet 1) de s'ouvrir à d'autres pratiques que celles réalisées au sein de sa propre organisation et de prendre du recul sur celles-ci ; 2) de rencontrer d'autres personnes de nouveaux contacts permettant d'enrichir sa propre pratique.

Moi j'y tiens particulièrement, on a justement un budget pour ça, pour les conférences, les formations, pour qu'ils puissent sortir, rencontrer du monde, aller voir autre chose, oui définitivement. Selon notre budget, l'idéal c'est que chacun parte deux fois par année dans les conférences. On est toujours contraint par les budgets, mais que ce soit pour des conférences internationales ou des rencontres dans leur sujet, des rencontres spécifiques, pour aller voir des gens, contacts c'est très, très important. [...] Ça enrichit, ça leur ouvre des horizons, de voir différemment, de ne pas rester coller à ce qu'ils font tous les jours. Aussi d'avoir des contacts, si quelqu'un semble savoir quelque chose, je peux appeler, demander « qu'est ce que vous faites ? », discuter avec les gens ça a toujours donné ses fruits, c'est toujours intéressant (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Les rencontres lors de tels événements peuvent donner lieu à relations ou contacts formels (par exemple en comité) ou informels pour discuter de problèmes techniques par la suite.

On a aussi des comités, là où on appelle d'autres personnes à l'extérieur de notre groupe pour leur parler de ce qu'on fait, ça n'existait pas en ingénierie. Justement, on l'a instauré parce qu'on trouvait que c'était important de rencontrer les gens du domaine. Par exemple, pour un des projets, on est allé chercher à l'ingénierie dans une autre ville, des gens qui avaient travaillé un peu dans ce domaine là, on les appelle, ils viennent avec nous... (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

La **double formation** des acteurs de la R&D permet de mieux prendre conscience des enjeux des clients, et de développer des connaissances orientées vers une utilisation correspondant à l'usage réel effectué. Le recours à du personnel disposant de connaissances multidisciplinaires permet de se démarquer des concurrents et devient un avantage comparé. Cela permet de développer des produits répondant à la fois au comment (comment faire tel produit), mais également au pourquoi de ces produits.

L'intérêt pour nous que ces personnes aient leurs licences privées, c'est que trop souvent on a vu des produits, des prototypes industriels qui n'ont été créés que par des ingénieurs. Et pour l'ingénieur qui regarde son petit écran vert avec du DOS \ ; _ \, quand ils développent leurs [produit], ça fait des années qu'ils ne regardent que ce petit écran toute leur vie. Et puis lorsqu'ils arrivent dans un cockpit, les pilotes regardent [ce produit-là], à coup de 2 secondes à la fois, aux 3-5 minutes. Alors là, l'ingénieur doit être conscient que ce qu'il développe c'est de l'affichage, des outils cockpit et non pas [des outils] d'ingénieur de laboratoire. Donc le fait qu'il soit conscient d'un environnement cockpit, le fait qu'il soit conscient des priorités qu'un pilote a à gérer, il fait prendre conscience que ce ne sont pas ses derniers rêves les plus obscurs qui peuvent se réaliser. Donc l'aspect facteur humain est très important (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

En disposant des connaissances de l'utilisateur du produit, cela permet de développer une compréhension de l'expérience utilisateur au moment de la création de savoirs par les ingénieurs de développement.

Parachuter un ingénieur dans un cockpit, il va être perdu. Parachuter un pilote dans un laboratoire de serveur, il va être perdu. Si vous demandez à votre ingénieur de travailler sur des applications cockpit, il n'y a rien de mieux que de lui faire piloter un avion pendant 30-40h. Puis lui faire se rendre compte que — mon dieu, seigneur — c'est un travail spécifique et que ce travail-là doit être pris en compte quand vient le temps de constituer les outils pour servir à cette exécution-là (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Ainsi, les nouvelles connaissances se créent par la confrontation de connaissances différentes provenant de champs différents.

On essaie par cette multidisciplinarité chez les membres qu'il puisse y avoir une *cross-pollinisation* — une espèce de conscience de ce qui se passe de l'autre côté du mur, sans en être expert. Donc quand survient une situation, un événement, on arrête on peut poser la question (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

En guise de conclusion concernant ces bonnes pratiques de gestion des connaissances, il faut reconnaître la difficulté à la mise en pratique de celles-ci, notamment pour deux raisons :

- 1) tout d'abord, la résistance au changement. Celle-ci est liée entre autres choses au conformisme important (cf. la section 7.1.3.2) et aux contraintes importantes et à la surindividualisation, elles-mêmes associées à la financiarisation (cf. la section 7.1.3.4).
- 2) parce que l'intrication des individus au sein du système de R&D les limite dans leurs capacités de modification de changements profonds. Sur une période plus longue, les changements en matière de pratiques de gestion des connaissances sont possibles, mais passent par un changement des pratiques et de la culture du système de R&D.

Il va falloir que l'on convainque des gens, je ne pense pas que cela va être difficile, c'est quand va venir le temps de le mettre en application. Parce que leur présenter un plan ou un processus, quelque chose comme cela, ils vont être très réceptifs. Quand va venir le temps de libérer des gens et de le mettre en application, ils ont encore tendance à dire, oui, mais faut que l'on livre des avions quand même. **C'est « plante une petite graine, arrose là, et tranquillement, tu vas finir par avoir une petite pousse »** (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

7.3.2. Pratiques spécifiques de gestion des connaissances liées à l'innovation verte

La section précédente portait sur les pratiques de gestion des connaissances au sein du système de R&D de l'industrie aéronautique québécoise. Dans cette section, on observe plus spécifiquement celles reliées à la conception d'un avion vert. Comme le précise un des acteurs, responsable de la R&D de son entreprise, ces projets verts sont « plus exigeants en termes de quantité de connaissances et en termes de conscience de plusieurs sphères en même temps » (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

7.3.2.1. Les connaissances environnementales (au sens écologique)

Les connaissances environnementales n'ont pas été développées pendant de nombreuses années, ce qui peut paraître surprenant, certainement en lien avec les valeurs propres au système économique. Historiquement, ces connaissances n'ont pas été développées en tant que telles sauf sous l'angle de la diminution des coûts. « Ce n'était pas une décision consciente de l'ignorer. Je pense que les gens n'y ont pas vraiment pensé. Cela n'était pas dans leur état d'esprit, dans leur façon de penser, comme cela l'est maintenant devenu ». Ces connaissances sortent également du domaine traditionnel du système de R&D, s'intéressant uniquement aux connaissances techniques, ce qui n'est pas nécessairement le cas avec les connaissances environnementales. « Tu peux sortir tellement de l'innovation technique. On se rend compte qu'il y a une très grande variabilité de connaissances en terme d'analyse environnementale » (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Ces connaissances environnementales poussent souvent les acteurs à s'interroger sur les grandes questions environnementales, comme l'énonce cet ingénieur : « Ça m'intéresse. J'avoue que l'écologie en savoir un peu plus ça m'intéresserait » (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre). Avec ces changements de valeurs, et le changement de connaissances qui en découle, l'un des enjeux relevés par les acteurs consiste à faire prendre conscience des ordres de grandeur et de l'importance environnementale auprès de leurs collègues qui n'ont pas encore modifié leurs pratiques et leurs conceptions, souvent à l'extérieur du système de R&D.

En terme de vocabulaire, c'est complexe de travailler sur des projets verts. Parce que l'empreinte écologique, ce n'est pas clair pour tous. Pour certains, c'est diminuer, réduire la quantité de matériel *end-of-life*. Ou les opérations. Ou la manutention. Beaucoup de gens ne voient les choses que sous un angle, et pas autrement. Le problème, c'est de faire comprendre aux gens les vrais enjeux, sans faire de bourrage de crâne. À titre d'ordre de grandeur, un vol, c'est 42 litres par minute, soit 2 500 litres par heure. Un vol transatlantique, c'est 20 000 litres ! Et il y a des légendes urbaines. Par exemple, travail en Asie = enfants esclaves. Que nos fournisseurs utilisent des produits toxiques. Ou dans l'autre sens : des gens qui pensent que nos pièces voyagent toujours par bateau, alors qu'en réalité ça voyage souvent par avion. Il faut démystifier (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Pour cela, plusieurs indicateurs sont développés afin de simplifier la prise de conscience de ces enjeux et ordres de grandeur, mais souvent sur la base d'initiatives individuelles. « C'est quoi une tonne de carbone ? Ça prend combien d'oxygène, c'est quoi la masse ? Un avion brûle combien d'essence ? C'est quoi le multiplicateur par litre d'essence qui va donner des tonnes de carbone ? C'est une espèce de champ de connaissances » (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Plus que des connaissances d'une nature différente, plusieurs acteurs ont précisé que c'était l'architecture de celles-ci qui changent, la manière dont elles sont articulées, notamment pour les connaissances tacites. Un des acteurs interrogés, responsable de R&D amène la **notion de subtilité de ces connaissances**.

Les disciplines sont probablement les mêmes, mais pas la subtilité avec laquelle les associer [...] Il y a une subtilité dans leur sélection, même si le nombre total de disciplines pour les interactions sont les mêmes. Toutefois, la hiérarchisation et le critère de décision sont différents. En fait, on pourrait dire nettement différente (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Ces connaissances s'assemblant différemment requièrent un apprentissage qui ne va pas nécessairement de soi, car touchant aux valeurs. De ce point de vue, plus que pour d'autres connaissances, la collaboration autour de questions environnementales permet d'apprendre des pratiques des autres sur la nature et l'architecture de ces connaissances.

Je crois que la difficulté avec les initiatives écologiques quand on part d'un niveau peu élevé, c'est qu'il n'y a pas d'expert, et qu'on essaye d'obtenir ou de créer un niveau de compétences, de l'aisance avec ces initiatives écologiques. C'est difficile. Nous pouvons essayer de le construire, et apprendre de nos erreurs. Mais **les projets verts sont plus subtils, moins tangibles...** Établir ce niveau ou cette façon de penser, les capacités en terme de compétences, lorsqu'on n'a pas une bonne base pour cela, ou tout autre fondement, c'est un défi. En termes de gestion des connaissances, ce que nous faisons en tant qu'entreprise avec [les consortiums de recherche], cela nous permet de nous comparer avec les autres organisations ayant un niveau de compétence plus élevé dans ce domaine.

On apprend d'eux et des universitaires. On aime à penser qu'ils apprennent de nous aussi, mais on tire des leçons d'eux. Il y a une sorte d'échange de bonnes pratiques : on apprend en observant ce qu'ils font. Nous accumulons des connaissances à partir des partenariats dans le cadre des programmes des consortiums. C'est ce que nous devrions faire.

Donc, en termes de pratiques de gestion des connaissances, pour quelqu'un qui a seulement travaillé sur du métal, s'il travaille en collaboration avec de bonnes personnes dans les matériaux composites, il va apprendre des choses. S'il a les bons collaborateurs au sein de son entreprise avec les autres partenaires industriels, il peut commencer à construire une expertise dans les matériaux composites.

Les enjeux environnementaux sont plus compliqués, plus subtils, parce que moins tangibles. C'est plus cérébral en quelque sorte, mais si on a les bonnes personnes, qui sont enthousiastes et qui veulent apprendre et augmenter leurs compétences dans le domaine environnemental, cette façon de penser, si on peut les exposer aux bons programmes, au bon moment, avec des les bons universitaires et les bons partenaires industriels, si on suit ce chemin, et bien on commence vraiment à construire des compétences. Mais clairement, je pense que le vert, c'est plus difficile parce que ça va moins de soi et requiert de la subtilité (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Conséquence de cette « subtilité », il est parfois dur de mettre en place des distinctions nettes entre ce qui est vert et ce qui ne l'est pas. Comme dans les autres disciplines utilisant le savoir scientifique — sur une base positiviste —, une connaissance est considérée comme vraie jusqu'à ce qu'elle soit invalidée. Et les connaissances évoluant rapidement, un projet est vert jusqu'à ce qu'il ne le soit plus. Les zones de gris sont importantes, et on peut remplacer une technologie polluante par une autre moins polluante sur cette même dimension, mais plus sur une autre. S'agit-il alors d'une amélioration ? C'est justement à travers cette subtilité mise en avant par ce responsable que l'on peut le déterminer.

Par exemple, on travaille sur un projet pour remplacer le plaquage au chrome par un plaquage au zinc, qui est supposé être plus vert. Jusqu'à tant qu'on trouve quelque chose qui va être moins vert dans ce procédé là. Mais oui, parce que le vert est toujours temporaire. On a un impact, mais il est peut-être moindre, jusqu'à tant qu'on prouve qu'il est peut-être plus important que prévu (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

La question de la **complexité des connaissances environnementales**, abordée dans la section 7.3.1, mérite d'être précisée. En effet, tous les acteurs ne s'entendent pas sur la question d'une plus grande complexité de ces connaissances. La réponse donnée par les personnes interviewées sur la complexité liée aux projets verts est souvent tortueuse. Sont-ils vraiment plus complexes ?

Non pas forcément. Enfin je dis non je devrais être plus nuancé. Pas forcément (rire) heu... Oui pour certains aspects (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Si on compare avec les pratiques avant l'arrivée des connaissances environnementales, plusieurs acteurs ont remarqué une différence nette. « [Avant] t'avais une équipe t'étais tranquille, tu pensais pas » (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Ainsi, les deux avis présents correspondent à des connaissances tout aussi complexes. Et là, c'est le regard de l'acteur qui change plutôt que la nature de la connaissance en tant que telle.

Je ne crois pas que ce soit plus complexe, mais c'est l'état d'esprit, les choses que l'on recherche, les caractéristiques qui sont différents. C'est les paramètres d'une bonne conception *versus* une mauvaise conception qui ont changé (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

On retrouve des connaissances que les acteurs qualifient de « simples », mais passées inaperçues parce que personne n'a jamais étudié les problèmes posés à travers le prisme de l'environnement.

Parfois des choses extrêmement simples sont meilleures pour l'environnement que d'autres. Ce n'est pas forcément, du point de vue technique, très élaboré mais c'est juste qu'on n'y a pas pensé, tout simplement (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Ces connaissances « simples » n'ont pas été développées car tout simplement non-investiguée. C'est le regard qui est porté dessus qui est nouveau.

Je pense au plaquage parce qu'on l'utilise dans l'industrie aéronautique, on utilise le cadmium pour protéger contre la corrosion etc. Historiquement il y a toujours le zinc qui a été utilisé entre la galvanisation qui était à je sais plus combien et s'est juste améliorée un peu pour remplacer le cadmium. Mais le remplacer un peu de manière à ce que pour l'environnement ça reste toujours bon. Et c'est bon. Il faut juste travailler un peu dessus et c'est tout. Donc juste penser quelque chose d'un peu plus *flyé* que ce qui existait avant c'est tout. C'est comme ça que ça peut évoluer. Partir vraiment de choses simples (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

On retrouve également des connaissances d'une nature plus complexe.

[Développer des connaissances dans des projets verts,] ça demande plus de travail parce qu'il y a plus de points à regarder. Une connaissance plus complète, un niveau de complexité plus grand, une connaissance plus complète de ce qui est développé (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche).

Dans le cas où il s'agit de connaissances plus complexes, celles-ci n'ont pas été prises en compte précédemment car l'écosystème de développement de ces connaissances n'était pas développé au moment de leur création. Il peut s'agir de théories ou d'autres connaissances

préalables qui n'avaient pas été développées et qui le sont aujourd'hui. Il peut également s'agir de connaissances nécessitant un outillage précédemment inexistant.

On y pense parce que les technologies ont évolué, parce que les ordinateurs sont plus puissants, parce qu'on peut faire plus de modélisation, plus de simulations. Donc oui, ça va chercher tout ce qui est innovation technologique, pour aller penser autrement (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Cet outillage informatique permet des développements nouveaux. Ces améliorations passent beaucoup par la simulation et la modélisation : « ça aide beaucoup beaucoup au développement de nouvelles technologies » (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier). De ce point de vue, tant le matériel — augmentation de la puissance de calcul — que le logiciel — nouveaux logiciels, nouveaux algorithmes, nouvelles méthodes de calcul — permettent d'effectuer ces développements. Le logiciel prend une part de plus en plus importante dans le processus de R&D, et à travers lui l'enrôlement des ingénieurs, développeurs et mathématiciens développant les plateformes de simulation.

Que ce soit par un nouveau regard ou par l'utilisation d'outils nouveaux, travailler sur les connaissances environnementales amène à la redécouverte de connaissances perdues, oubliées qui sont alors retrouvées. Il arrive également que des processus existants soient compris alors qu'ils étaient utilisés sans en saisir vraiment le fonctionnement profond. En se posant des questions nouvelles, des réponses émergent du système de R&D.

Ça, on l'a vu à plusieurs reprises. Pourquoi ? Parce qu'on essaie de remplacer un procédé qui existe, qui a satisfait tout le monde par un autre qui est justement plus vert. Mais on veut qu'il soit aussi bon, sinon meilleur que l'autre. Donc ça nous pousse à aller chercher. Et parfois on se rend compte qu'on est en train même d'étudier l'autre ! Parce que finalement on est allé avec un procédé qu'on pensait bon, mais on ne connaissait pas grand-chose de lui. On est allé avec parce que l'autre l'a fait. Et l'autre l'a fait parce que ... l'autre l'a fait. Finalement, la connaissance s'est perdue avec le temps. On ne sait pas pourquoi il est bon. Donc lorsqu'on fait le nouveau procédé et qu'on doit pousser, on est obligé à ce qu'il soit aussi bon sinon meilleur. Et oui, on se trouve en train de chercher, de comprendre des choses sur celui-là qu'on aurait du mettre de côté ! Et ça, ça nous est arrivé à plusieurs reprises. On est en train de redécouvrir celui qui n'était pas bon au niveau environnemental. On est en train de redécouvrir parce que justement les connaissances ont été perdues au fil du temps avec son utilisation en continu (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Pour plusieurs acteurs, cette R&D en lien avec l'amélioration de l'empreinte environnementale de l'avion correspond à un changement d'ordre quant à leur complexité par rapport aux savoirs précédemment développés.

Il y a eu une grosse révolution quand on est passé de l'avion en bois à celui en aluminium. Là, il y a des grands pas, comme le *fly by wire*, c'est un autre grand pas. [...] Au lieu que ce soit comme les avions en aluminium. C'était pas sorcier t'avais les *handbook* puis la structure c'était toujours pareil d'un avion à un autre. En 1990, un avion en aluminium, ce n'était pas différent d'un avion de 1950. Tu pouvais dire que t'allais avoir une complexité technologique pour certains détails, mais là on touche à tout, donc je pense que la complexité n'est pas sur le plan technique, c'est peut-être sur le fait que c'est beaucoup (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Cette distinction sera reprise dans le chapitre 8. La R&D actuelle se permet d'aller plus en profondeur, cherchant plus loin dans les causes des connaissances, un peu comme si les connaissances développées remontaient en amont par rapport aux connaissances précédemment développées, et interagissaient entre elles.

Là il y a l'inter relationnel, [...] avant, avec ta structure, tu ne te posais pas de questions, c'était réglé. Tu peux travailler fort pour réduire le poids, mais il n'y a pas de complexité technologique reliée à ça. Tandis que là, même dans ta structure tu as plein d'éléments complexes à prendre en compte. De façon globale, ça amène l'avion à une plus grosse complexité technologique (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Par ailleurs, on note que le niveau de complexité n'est pas identique dans tous les domaines de l'industrie, parce que l'historique de recherche n'est pas le même. Par exemple, la recherche visant à limiter la consommation du moteur — qui a comme conséquence une baisse des émissions, mais aussi une baisse de la consommation et donc une meilleure autonomie et un coût moindre — fait partie des objectifs de R&D depuis les années 60. Aussi, l'effort marginal de R&D nécessaire au développement des connaissances pour une quantité d'amélioration identique est supérieur, car les acteurs de R&D ont d'abord été développer des connaissances là où elles ont l'impact environnemental le plus important ou là où pour un impact environnemental donné, l'effort en développement des connaissances était le moindre (voir l'illustration sur la Figure 7.5). Les domaines où la recherche environnementale ne fait que débiter ont donc des marges de développement et des rendements d'efforts supérieurs, rendant la complexité marginale inférieure.

Diminution de
l'impact environnemental

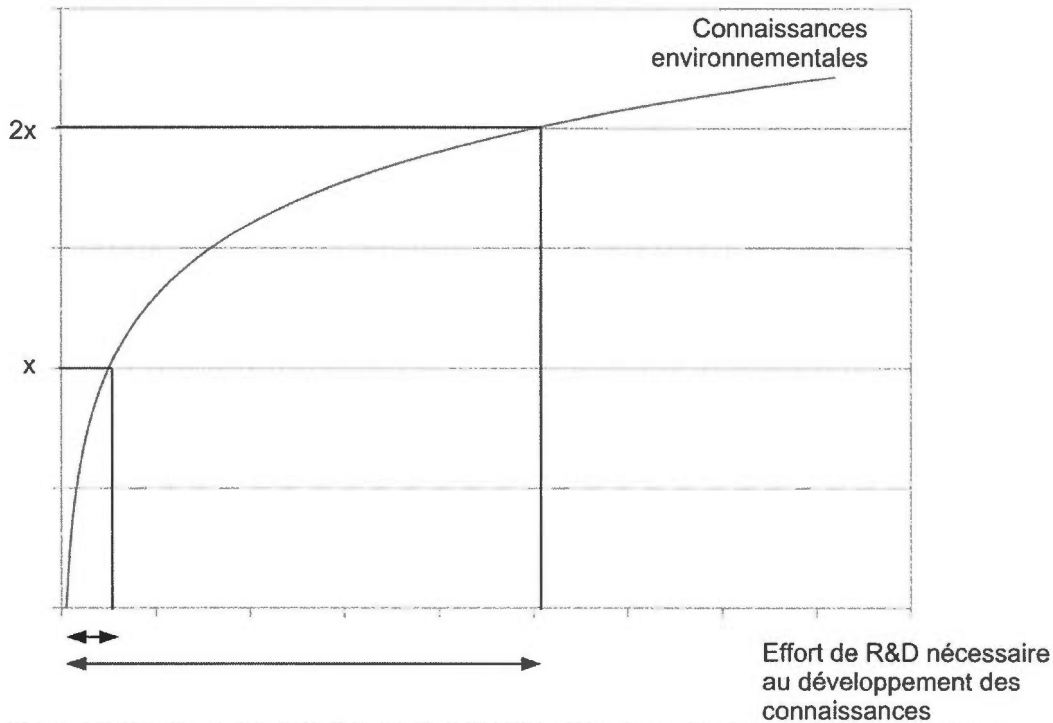


Figure 7.5 - Représentation de l'effort marginal de R&D nécessaire au développement des connaissances nécessaire à une même diminution de l'impact environnemental

En considérant l'avion dans une perspective globale, les acteurs du système de R&D se retrouvent confrontés à un autre problème rajoutant encore à la complexité, à savoir déterminer quels critères privilégier, dans un contexte de temps et de ressources limités, et où les avancées dans un domaine peuvent représenter des régressions dans un autre.

Quand t'es sur une démarche qui prend en compte différents niveaux d'impact et que tout ça doit être confronté aussi à ce que le marché est prêt à accepter. Quel est le coût de ce développement-là ? Et quel compromis tu dois effectuer ? C'est forcément complexe alors je ne sais pas si la dimension verte rajoute de la complexité mais c'est plus la dimension multicritères qui est difficile. C'est vraiment difficile et d'y rajouter une pondération multicritères c'est difficile aussi. Est-ce que c'est plus important de réduire le bruit ? Ou c'est plus important de réduire la consommation d'essence ? Ou c'est plus important d'augmenter le potentiel de recyclabilité ? Ou *low cost* est plus important ? C'est difficile (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Les connaissances sont plus multidisciplinaires, car elles touchent de nouveaux domaines jusqu'alors inexplorés, ou parce que c'est dans ces connaissances multidisciplinaires que l'on

va chercher les gains marginaux. Mais également parce qu'on se rapproche plus d'une connaissance proche de la réalité en diminuant les approximations précédentes.

[Les connaissances doivent être] plus multidisciplinaires et plus récentes dans certains cas. Parce que ça implique de la technologie. Lorsqu'un projet est plus écologique dans le fond, ça veut dire une meilleure compréhension de son rôle et des impacts. Et donc ça élargit le mandat, et cet élargissement souvent va demander des considérations autres que la discipline du centre (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Dans l'analyse de ces connaissances, c'est toute la **chaîne de connaissances**, ses conséquences, son utilisation en action, les éléments interagissant avec elle.

[Un projet vert,] ça prend en compte toute la chaîne de production, auxquels des projets typiques ne s'intéressaient pas. Ça prend aussi en compte... Par exemple au niveau du bruit. Tu sais, les populations avoisinantes à l'aéroport, ce n'est seulement la technologie ou le procédé qui est le point central. Ça prend en compte tout ce qui est périphérique qui peut être affecté par ça. La nature, oui c'est une pensée qui est plus globale que les projets traditionnels (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche).

Le fait de considérer cette chaîne de connaissances dans son ensemble implique une dimension multidisciplinaire et une collaboration avec tous les acteurs de cette chaîne, répartie sur un grand nombre d'entreprises. Cet élargissement de la chaîne de connaissances implique également un usage plus large desdits savoirs.

Le fait que ce soit vert, le type de connaissances qui est généré va toujours être beaucoup plus large parce que tu ne peux pas développer ta pièce sans avoir couvert — tu ne peux pas toujours tout couvrir des aspects environnementaux —, mais tu vas t'interroger sur beaucoup plus d'aspects qu'auparavant, donc je pense que c'est beaucoup plus large (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Les acteurs interrogés valident que les équipes visant à développer les connaissances soient de plus en plus multidisciplinaires : « je m'assois avec des gens qui travaillent dans des *buyer fuels*, il y en a qui font de la réduction de bruit, des ingénieurs acoustiques, des pilotes, des équipementiers, des fabricants de moteurs... l'avion vert c'est très pluridisciplinaire » (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Même si ce n'est pas facilement perceptible, et que plusieurs acteurs en ont le sentiment sans arriver à véritablement l'illustrer clairement, ce travail multidisciplinaire a tendance à modifier le processus de conception des connaissances pour s'adapter à leur nature, en adoptant une vue globale, holistique.

Quand on dit toi qui est spécialiste en réduction de bruit ce que tu es en train de développer a peut-être des impacts positifs ou négatifs sur d'autres dimensions, que tu ignores totalement, parce que tu n'es pas spécialiste, parce qu'on n'a jamais tenu compte de ça, parce qu'on n'a jamais eu cette démarche holistique sur l'ensemble des thématiques. Et ça, ce n'est pas facile à introduire comme changement (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Cela nécessite un travail d'équipe avec des compétences, des connaissances provenant de différentes disciplines, de différentes méthodes, de différents antécédents.

Là t'as ceux qui conçoivent les pièces elles-mêmes, donc la structure en composite, puis là t'as besoin du spécialiste des interactions entre métal et composite. Le spécialiste d'électromagnétique. Lui, il faut qu'il soit en lien avec les gens d'avionique. Avant les gens de structure, ils ne parlaient pas aux gens de système embarqué ou d'électronique embarquée. Donc oui, je pense que c'est plus complexe. On aimerait le contraire... (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Ainsi, cette complexité des connaissances entraîne un recours à une plus grande multidisciplinarité, qui favorise le recours à des collaborations externes, comme ce sera approfondi dans la section 7.4.

[...] Personnellement, et c'est philosophique dans une certaine mesure, je dirais que les enjeux de collaboration associés à la multidisciplinarité sont vrais et importants pour les projets environnementaux (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Cette augmentation de la complexité que l'on retrouve souvent en amont vise également une diminution de la complexité en aval, par exemple dans la fabrication de l'avion, son entretien ou son utilisation.

Ils sont plus complexes au niveau de l'ingénierie, mais ne seront pas plus complexes une fois que ça sera rendu à l'assemblage. Ça va être des étapes de travail différentes, des méthodes avec des outils, un gros outillage différent, mais pas pour l'assemblage (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

On se retrouve donc avec des connaissances environnementales parfois plus simples, car elles sont à présent observées, ce qui n'était pas le cas auparavant, parfois plus complexes, dus à un effort marginal supérieur pour atteindre un effet équivalent, rendues possibles par une meilleure capacité à résoudre la complexité à travers les développements d'outils de simulation et de modélisation, ou de nouveaux modes d'organisation du travail. La Figure 7.6 représente ces différentes explications.

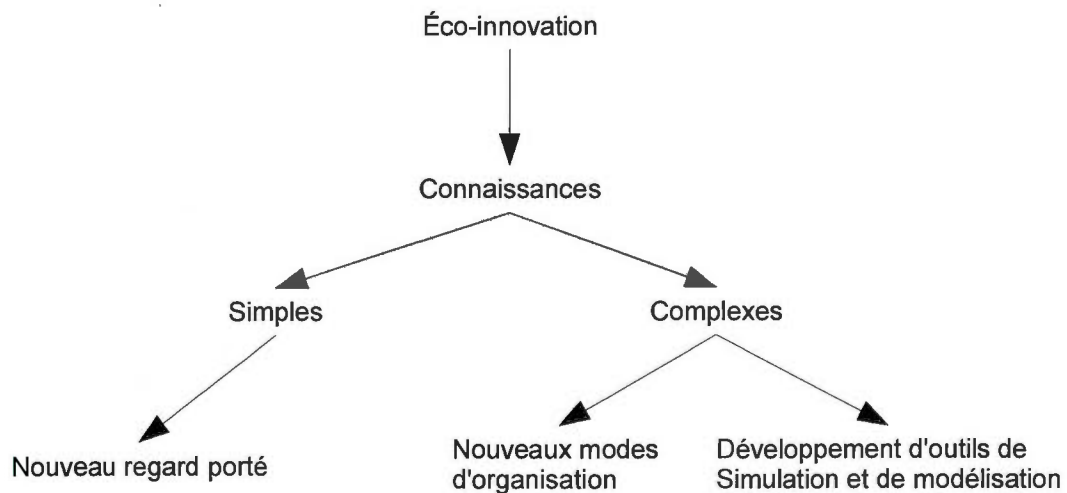


Figure 7.6 - Connaissances simples, connaissances complexes liées à l'avion vert

Mais trop souvent, ces changements parfois radicaux en terme de connaissances s'inscrivent dans la continuité de la « façon de faire » des avions, correspondant à des innovations continues plutôt que de ruptures (tel que décrit à la section 7.1.3).

Il y a comme un chemin, et dans le fond en aéronautique on suit le chemin, on fait des incréments, des améliorations. Je pense que pour faire vraiment un avion très vert, il faut des fois changer de chemin. Dans cette optique-là, c'est plus insécurisant, plus différent (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

7.3.2.2. Une nouvelle orientation des connaissances

Le niveau de connaissances environnementales peut être plus ou moins important selon les entreprises. Il est souvent peu élevé, avec des personnes n'ayant pas été sensibilisées à ces questions et méthodes lors de leurs études et dans leurs expériences professionnelles passées, assez loin des préoccupations écologiques. « J'avoue qu'au début j'étais un peu sceptique, genre Greenpeace qui font la promotion d'un rêve. Mais non, je constate qu'il y a vraiment des gains environnementaux à faire » (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Cela rend ce changement d'orientation difficile, car les personnes en R&D ne savent pas ce qu'elles ne savent pas, puisqu'il s'agit d'une orientation différente des connaissances de celles initialement présentes en entreprise et acquises par ces acteurs lors de leurs études et de

leurs expériences passées. Il est difficile de déterminer le chemin qui sera suivi, plus difficile que dans les autres domaines de R&D.

Si vous n'avez pas les connaissances et que vous n'avez pas la maîtrise, c'est plus difficile. Le défi c'est alors de vous sensibiliser. [...] **Vous savez que vous avez à faire quelque chose, mais vous ne savez même pas ce que vous ne savez pas.** Si vous construisez un avion en métal et que quelqu'un vous demande de le faire en composite, c'est dur. **On n'a jamais pensé vert avant et maintenant on doit commencer à le faire** (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Toutefois, ces changements en terme d'orientation des connaissances arrivent petit à petit, avec aujourd'hui des cours d'initiation et des formations plus avancées dans les écoles d'ingénieurs ou de gestion, mais également un intérêt accru de l'entreprise envers l'avion vert (cf. Chapitre 6). Le mouvement est initié, mais semble trop lent aux yeux de certains.

Je pense que c'est seulement l'ignorance et le fait que c'est des connaissances plus ou moins nouvelles. Au niveau des écoles qui forment des ingénieurs, elles se mettent à ça. Mais enfin, je les trouve encore pas très à la pointe de ça. Je pense que c'est plus le fait qu'il n'y a pas assez d'argent qui est consacré par chaque gouvernement pour faire ces études-là. C'est complexe parce qu'on a l'impression de manquer de recherches derrière nous (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Plusieurs ingénieurs à présent sensibilisés trouvent que finalement, ces connaissances vont de soi, mais qu'elles doivent quand même être formalisées pour faciliter leurs diffusions. « Il n'y a pas beaucoup de monde à l'interne qui est au courant de ces avancées technologiques. [...] Il y a encore beaucoup d'éducation à l'interne à faire je pense » (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier). Il s'agit d'un changement culturel, d'orientation des connaissances plutôt que de la nature de celles-ci.

Je pense qu'on voit ça vraiment compliqué, alors qu'en fait pour moi l'écologie c'est un peu comme le *lean manufacturing*, c'est une notion qui vient du bon sens, et on l'a formalisé justement pour que plus de personnes soient connaitantes là-dedans, pour augmenter les connaissances et la recherche. Mais fondamentalement, c'est quand même beaucoup de conscience et de réflexion hors de tes champs, hors de ce que tu as l'habitude de côtoyer. C'est "est-ce que t'as envie d'ouvrir ton esprit et te poser des questions, les bonnes questions..." je pense pas que ce soit si complexe vraiment (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

En s'intéressant à ces nouveaux domaines, cela a parfois un impact sur le profil des ingénieurs engagés au sein du système de R&D. « [On a pris] des profils qu'on n'aurait jamais embauchés si on n'avait pas ces projets R&D » (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Or, toucher aux connaissances, c'est également toucher aux individus, à leurs valeurs. Dans le secteur aéronautique, les individus ne sont pas nécessairement sensibilisés aux enjeux environnementaux. « Moi j'ai connu énormément d'ingénieurs qui vont en aéronautique parce qu'ils aiment ça l'odeur du fioul, les gros moteurs qui font des gros bruits et ça va vite... » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre) On observe quatre facteurs de changement orientant les valeurs et les connaissances des individus, augmentant leurs prises de conscience des enjeux environnementaux favorisant l'endogénéisation de l'avion vert (cf. le Chapitre 6, section 6.3.2). « Un projet vert correspond, en soi, à une prise de conscience croissante des questions écologiques. Ainsi, la recherche environnementale entraîne une augmentation de la prise de conscience des enjeux environnementaux » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

(1) Tout d'abord, dans les dernières années, cette perception favorable à *l'amour du gaz et des gros moteurs* tend à s'estomper. Comme cela a déjà été présenté, à travers les **échanges intergénérationnels**, le personnel plus jeune amène souvent un questionnement sur les pratiques et les valeurs liées à l'environnement. « Le vecteur c'est les jeunes », et ces jeunes peuvent amener le changement auprès des autres générations.

(2) Ensuite, cette modification de perception entraînant une réorientation des connaissances est facilitée par **l'excitation associée à la découverte** et les avancées rendues possibles par l'exploration de nouveaux champs du domaine du savoir. Le domaine environnemental, très jeune, n'a pas été ou que peu exploré, laissant une large place aux avancées et aux découvertes pour les chercheurs et ingénieurs travaillant sur le sujet.

Il y a beaucoup d'émotions associées aux enjeux environnementaux. Toute nouvelle technologie qui concerne la société ou la santé produit un « effet Aha ! », permettant de changer le point de vue, de changer notre façon de penser. Ça se passe au niveau des émotions, contrairement à la dynamique des fluides computationnelle, ou à la mécanique des structures où il s'agit de technologies matures où l'on est assez bon. De sorte que dans ces disciplines, il est peu probable que l'on ait une percée qui change notre manière de voir les choses. On est moins susceptibles d'avoir cette excitation. Il y a un aspect émotionnel dans le fait de travailler sur des projets environnementaux (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

(3) On trouve également la **volonté organisationnelle** de changer le regard des acteurs, par une prise de conscience de certains membres de la haute direction, ou pour des choix

stratégiques, visant à instituer un changement au sein de leur personnel. « On croit que si on réussit à influencer la culture des employés, on va réussir à les amener à travailler dans une certaine vision plus environnementale ». Ainsi, l'objectif d'une des entreprises rencontrées est de faire de chacun de ses membres des agents qui intègrent d'eux-mêmes l'environnement dans leurs raisonnements courants plutôt que de l'amener de l'extérieur, avec un succès peut-être moindre.

À une époque, la qualité, c'était la job d'un inspecteur. Mais il y a eu un changement de culture, la qualité s'est intégrée au travail des gens, elle s'est décentralisée. On veut que ce soit la même chose avec l'environnement : ne pas avoir une armée d'inspecteurs, ou de personnes consacrées au développement durable, mais plutôt que chaque personne ait cela en tête au moment où elle travaille (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Pour ce faire, cette grande entreprise prend un ensemble de mesure visant à promouvoir l'environnement auprès des membres de son personnel.

Tout ça fait partie d'une mouvance pour faire changer les mentalités. La personne qui a passé sa fin de semaine à planter des arbres, le lundi va voir sa planche à dessin différemment. L'idée, c'est d'intégrer l'environnement dans la tête des gens, pour qu'ils changent par eux-mêmes pour aller vers plus d'environnement. On veut démocratiser la dimension environnementale (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

(4) Enfin, **les gouvernements deviennent indirectement des acteurs du changement** en matière de R&D à travers le financement et l'orientation donnée aux consortiums de recherche qu'ils financent, qui favorisent cette orientation et que les entreprises suivent en profitant des incitatifs que constituent ces financements de la recherche. Les rôles spécifiques de ces consortiums sont détaillés à la section 7.4.2.2.

Si le gouvernement se met à dire à Avion 123, XYZ Aircraft, ABC Aviation, je tiens à parrainer vos recherches, mais vous aurez à me dire quels sont les avantages environnementaux de la recherche que vous voulez que je parraine. Alors ça change, ou influence la manière dont ces entreprises pensent leur recherche et les avantages qu'elles pensent en tirer. Et à la fin, cela aura un effet sur la recherche et les développements effectués. Donc, si on veut faire quelque chose avec [un consortium de recherche], on doit déterminer les avantages environnementaux de ce travail, y penser. Peut-être qu'on n'y a pas pensé avant. Les besoins ont changé. Deuxièmement, le succès ou l'échec de la soumission pour obtenir le financement sera *drivé* par les bénéfices environnementaux de la proposition, les avantages environnementaux escomptés. Par conséquent, un projet qui a des mérites techniques, mais peu ou pas d'avantages pour l'environnement, ne peut plus aller de l'avant. Il faut donc changer la façon dont on structure la proposition, les choses, les attributs, les critères, la matrice qu'on met en place concernant le projet. Donc ça change la façon de penser que ça nous plaise ou non, et au final ça commence à dicter le type de recherche qui se fait au Canada, qui est financée par le gouvernement, provincial ou fédéral. Ça change donc la manière dont on

effectue le suivi des projets et les avantages environnementaux. Un projet vert aura des implications sur la manière dont nous suivrons un projet, sur notre matrice de suivi de projets (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

On retrouve ces quatre facteurs de changement orientant les valeurs et les connaissances des individus sur la Figure 7.7.

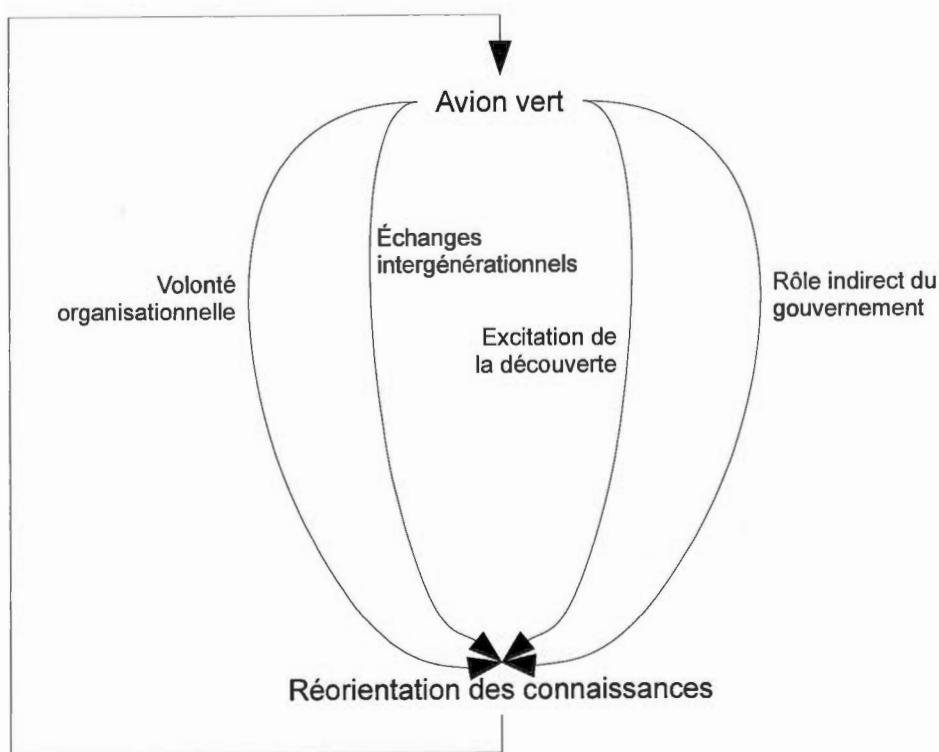


Figure 7.7 - Les quatre facteurs d'impact de l'avion vert sur la réorientation des connaissances

7.3.2.3. Processus de gestion des connaissances

Les projets liés à l'avion vert ajoutent de **nouvelles contraintes** pour les ingénieurs et les chercheurs du système de R&D. En se faisant, ils ouvrent également de nouveaux horizons possibles, en donnant la possibilité d'explorer de nouvelles pistes de solutions inexplorées jusqu'à présent.

Tu poses des questions qui sont à peine considérées sans ça. **Avec les projets verts, tu as des questions que tu ne te posais pas avant.** Ça ajoute un niveau de contrainte, mais aussi de nouvelles possibilités. Si on ajoute une contrainte dans ta vie, comme ne plus rien jeter à la

poubelle pendant une semaine, tu vas changer tes habitudes d'achat. **La contrainte supplémentaire va te forcer à changer ton schéma de pensée. Quand on a plus de 2000 ingénieurs de conceptions, et qu'on leur donne une nouvelle contrainte, ils en font en général quelque chose de positif. Ces contraintes rajoutent de la créativité** (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Pour les systèmes de R&D ayant commencé leur intégration de l'avion vert, la dimension environnementale s'intègre dans tout le cycle de développement et de production, et devient une composante du processus de gestion de connaissances. « L'idéal, c'est de changer le processus de production de connaissances. Parce que si on veut s'améliorer, il faut changer les choses » (Cadre intermédiaire, Université/Centre de recherche). La dimension environnementale peut toucher tous les autres aspects que la conception elle-même, nécessitant de repenser le fonctionnement général du système de R&D dans une vision systémique, avec la gestion des connaissances comme mode de gestion. On peut illustrer cela à travers l'exemple suivant qui montre l'impact environnemental que peut avoir une pratique pourtant loin de la conception.

Il y a toujours une teinte environnementale qui rentre dans le jeu. Je prends un exemple, le cas de l'usinage. Vous devez fabriquer un avion, vous utilisez un nouveau matériau, les conditions d'usinage varient, mais vous devez faire attention : qu'est-ce que vous allez faire et comment l'usinage va se faire ? Quelle sorte de produits, de lubrifiant vous allez utiliser durant l'usinage ? Cet usinage peut avoir un impact alors qu'avant on n'y pensait même pas. Avant, on achetait un produit, de l'huile, ça finissait dans l'égout et puis s'en va. Aujourd'hui ce n'est plus ça. C'est un petit exemple de rien du tout qui fait en sorte que même le gars qui est en méthode d'usinage, en méthode de fabrication est sensible à l'impact de sa façon de faire sur l'environnement total (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Ces changements doivent toucher toutes les étapes du processus, dès la phase de design de l'avion, jusqu'à la fabrication, et même par la suite jusqu'à sa fin de vie.

Je pense qu'avant, on s'en souciait pas. On s'en souciait pas. Il y avait des experts qui étaient appelés à développer une technologie. À rendre plus performant les moteurs par exemple. On ne se demandait pas si le moteur était plus bruyant, s'il était plus performant on était content ! Et même que des fois on s'en souciait du bruit, mais à la fin du processus et non pas au design, pas à la phase de design du produit. Maintenant, tous ces facteurs sont intégrés à la phase du design, quand on pense, qu'on imagine le produit. Mais, les discussions sont difficiles, elles sont complexes de dire ben à ce niveau-là : quelle pondération attache-t-on à chacun des critères ? Sachant que, quand on est sur du design, nos produits vont sortir dans 10/15 ans... pas facile (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Ces changements doivent toucher tous les corps de métier, les disciplines pour qu'ils soient efficaces. Ils invitent à repenser le rôle des professionnels de l'aéronautique en général dans une perspective de travailleurs du savoir.

Pour faire l'avion vert, à chaque étape de fabrication, il va falloir aller voir comment faire les choses, comment on peut les repenser. Mais l'ingénieur mécanique, il va toujours rester ingénieur mécanique, il va développer ce qu'il a à développer, mais en prenant des inputs nouveaux. Ce n'est pas plus multidisciplinaire, mais cela impacte sur chaque projet à prendre en considération la dimension environnementale. Il va falloir qu'il apprenne cet aspect vert. L'aspect vert, le but c'est de ne pas transférer à quelqu'un d'autre tes impacts environnementaux, mais de trouver une solution globale (Cadre intermédiaire, Université/Centre de recherche).

On retrouve les questions environnementales aux frontières de ces deux dimensions telles que le présente la matrice de la Figure 7.8.

Disciplines	...	✓	✓	✓	✓
	Ingénieur mécanique	✓	✓	✓	✓
	ingénieur acoustique	✓	✓	✓	✓
	Pilote	✓	✓	✓	✓
		Conception	Fabrication	Utilisation	Fin de vie
		Étapes de vie			

Figure 7.8 - Matrice montrant l'impact de l'avion vert sur les disciplines et les étapes de la vie de l'avion

On retrouve alors une modification du processus de production des connaissances sur ces deux dimensions, intégrant des experts en développement durable ou en environnement « que ce soit [de l'externe] ou des gens de l'interne [...] Ces gens complètent les études par de l'information qui n'auraient pas été envisagé autrement » (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche), mais touchant toutes les personnes. « L'ingénieur typique devient beaucoup plus conscient » (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

La question de la formation en environnement se pose : est-elle nécessaire pour les acteurs du système de R&D ? « Est-ce qu'on a besoin d'envoyer nos ingénieurs tous prendre des cours de formation additionnelle ? » (Cadre supérieur, Consortium de recherche). Peut-être moins pour les connaissances en tant que telles que pour saisir l'importance de cette nouvelle orientation, et des valeurs associées aux connaissances environnementales et les modifications nécessaires dans le processus de gestion des connaissances. C'est d'autant plus

nécessaire que la culture du monde ingénieur n'est pas forcément aussi ouverte au développement durable, car la formation dans ce domaine a longtemps fait défaut.

Ces modifications ont un effet bénéfique sur la motivation du personnel, contribuant à faciliter le partage, la création de savoir en équipe. « C'est vrai que c'est positif de participer à ces projets-là, de se dire que tu y contribues » (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Par ailleurs, ces connaissances doivent être transférées aux partenaires. « Il faut qu'on leur dise pourquoi on a décidé d'aller en composite, c'est quoi la technologie en composite, qu'est ce que cela prend comme nouveaux équipements, et qu'est ce que cela représente pour eux de travailler avec cela » (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre). Cette dimension inter-organisationnelle est un élément important du changement de processus de gestion des connaissances lié à l'avion vert.

En ce qui concerne les projets de R&D, oui les projets verts changent nos pratiques de travail. Nous sommes de plus en plus *lean*. Le gouvernement provincial finance [des consortiums de recherche], ce qui a amené la conscience environnementale de l'arrière du cerveau vers l'avant, vers la conception des avions et ça continuera à avoir des répercussions plus profondes sur la façon dont nous concevons de nouveaux avions. Peut-être pas modifier les avions existants parce que c'est 95% fixe, mais pour les nouveaux produits, je crois que ça aura une grande portée, un impact profond (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

La section 7.4, à travers les pratiques collaboratives du système de R&D, traite de cette question.

7.4. Pratiques collaboratives du système de R&D

Cette section traite des pratiques collaboratives au sein du système de R&D. Les partenariats et pratiques de collaboration correspondent à une pratique plutôt récente. Si celles-ci ont toujours existé, c'était en nombre beaucoup plus restreint, spécifique à quelques entreprises et sans vision claire des attentes et des retombées. Mais depuis une trentaine d'années, celles-ci prennent petit à petit de l'importance avec une accélération dans le secteur aéronautique québécois au cours des 5/10 dernières années.

Dans une première partie, différentes formes de collaboration sont décrites. La deuxième partie traite de la structure de l'industrie, notamment de la proximité des acteurs et des consortiums de recherche. La troisième partie décrit la culture de la collaboration, suivi d'une quatrième partie traitant du niveau de collaboration. Enfin l'interaction entre l'avion vert et la collaboration est traitée dans une cinquième et dernière partie.

7.4.1. Formes de collaboration

On peut distinguer deux formes de collaboration : les collaborations commerciales, et les collaborations de recherche et développement. Les deux ne sont pas mutuellement exclusives.

Collaboration commerciale - relation client / sous-traitant

Concernant la forme commerciale, elle se fait avec les produits ou les services en production, ou en demande, avec des spécificités particulières. Certaines entreprises vendent des services de conseil qu'une autre entreprise pourra utiliser dans le cadre de sa R&D.

Au niveau du travail commercial, la base collaborative, c'est que dans les services que nous offrons, nous offrons seulement des services de travail collaboratif, c'est-à-dire de participer avec le client pour la définition des besoins. Donc on collabore avec eux pour qu'eux comprennent bien selon notre point de vue ce qu'ils veulent ou que nous on comprenne bien selon leur point de vue ce qu'ils attendent de nous. L'idée c'est de s'assurer que la définition des choses concernant les points de départ, les livrables, concernant l'ensemble, c'est fait de façon collaborative donc il n'y a rien qui est laissé au hasard (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

De plus en plus, l'industrie aéronautique tisse un ensemble de partenariats commerciaux, externalisant une partie de sa R&D auprès d'entreprises spécialisées, ce qui leur permet de recourir à un savoir externe qu'ils n'ont pas en interne.

Les collaborations se font souvent avec des sous-traitants / fournisseurs du maître d'œuvre partenaires de ces derniers.

On fait appel à des fournisseurs qui font de A à Z le travail qu'on fait et nous on est garant de leurs données. On est propriétaire des données qu'ils nous donnent après (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Ces formes de collaboration peuvent être enrichissantes en permettant un transfert de connaissances, un apprentissage auprès de spécialistes plus pointus que l'entreprise cliente.

C'était quand même assez nouveau. On n'a pas nécessairement toutes les procédures à l'interne qui nous permettraient, nous, d'être des fournisseurs approuvés. Si jamais on devait faire des tests pour une autre compagnie... On ne peut pas nécessairement se mesurer avec nos fournisseurs [...] Eux ils ont été plus *challengés* parce qu'ils ont besoin de clients externes. [...] Ils sont quand même plus compétitifs que nous, en termes de coûts, en termes de pratiques, ils sont plus aguerris (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Le recours à des partenaires extérieurs est de plus en plus courant dans le secteur aéronautique, et les intégrateurs ou les maîtres d'œuvre en réalisent un grand nombre.

La collaboration, c'est une pratique constante. Étant donné que nous sommes un intégrateur, c'est-à-dire que nous ne fabriquons pas 100% des pièces de nos [produits], on achète [telle pièce], on achète les équipements. On les certifie, on est obligé de travailler avec les fournisseurs (Cadre supérieur, Maître d'œuvre).

Une telle dépossession du savoir n'est pas sans risques ni problèmes. Multiplier les relations peut poser des problèmes le long de la chaîne, et l'externalisation de fonction entrainer des problèmes managériaux.

C'est un peu difficile parce que des fois on a l'impression d'être un peu dépassé, de ne pas donner les choses en temps et en heure. C'est compliqué parce que nous, nos clients internes donnent les choses très très en retard. On a toujours fait avec parce qu'on est dans la même compagnie donc on a toujours souffert en silence du fait qu'on n'avait pas les requis en temps et en heure. [...] Le problème c'est qu'avec les partenaires et les fournisseurs ça ne marche pas comme ça. Nous ils nous facturent à chaque fois qu'on change le *scope* et quand on donne des choses en retard ils ne peuvent pas progresser donc à ce niveau-là, on trouve ça difficile. Du coup, la rigueur qu'on n'a pas de la part de nos clients se répercute sur nos fournisseurs et on est entre les deux (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Par ailleurs, cela peut poser des problèmes quant aux attentes liées aux contraintes environnementales. Par exemple dans cette entreprise, le niveau attendu des services internes et externes n'est pas le même au niveau environnemental.

On regarde beaucoup comment arriver à plus impliquer nos fournisseurs. Alors qu'on va plus loin que les requis gouvernementaux en interne, quand on arrive chez nos fournisseurs, on ne leur demande que de respecter la réglementation. Mais la tendance c'est de leur demander d'avoir moins d'impact.

Toutefois, travailler avec d'autres organisations permet d'apprendre et de développer de nouvelles connaissances, en apprenant des pratiques des autres.

C'est enrichissant en termes humains et en termes de connaissances. Et puis justement on apprend des choses en plus sur des manières de faire et à ce niveau là, je trouve que techniquement, ça permet d'enrichir ce qu'on fait (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Ainsi, cet ingénieur donne l'exemple d'un partenariat avec une entreprise, poussant les membres de son équipe à se questionner sur leurs propres pratiques.

Là, on travaille avec une firme allemande et c'est ça. Quand ils nous donnent leurs documents, c'est une façon de travailler qui est un peu différente. [...] Ça nous permet d'avoir une perspective différente. Ça nous pousse à nous poser des questions et à nous demander finalement est-ce qu'on va aller vers ce qu'on avait planifié ? Est-ce que ça nous permet de nous ajuster ? Et en même temps d'avoir un bon *feedback*... (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Si les pratiques d'externalisation sont maintenant plus fréquentes, les pratiques de gestion ne sont pas adaptées à capter ce transfert de connaissances, il s'agit encore d'initiatives individuelles comme l'énonce cet ingénieur :

On se sert de ces partenariats-là pour essayer d'avoir plus d'informations, mais pas de manière formelle. L'objectif n'est pas clairement formulé. [...] Par exemple, on travaille avec un fournisseur, on ferme un projet. Pour moi le plus important c'est les *lessons learned*. Aujourd'hui ce n'est pas quelque chose qu'on capture ou qu'on met quelque part ou qu'on adresse. Pourtant c'est vraiment quelque chose qui est clé quand on ferme un projet (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Le transfert de connaissances ne se fait pas dans un sens unique. Il arrive que ce soit le maître d'œuvre ou l'intégrateur qui forme son fournisseur. Cela se fait généralement avec des fournisseurs clés, avec lesquels le partenariat est de nature stratégique.

Seulement avec les fournisseurs-partenaires. Ceux avec qui vraiment on sait qu'on va avoir des services pendant plusieurs années. Les petits fournisseurs [...] on ne les forme pas nécessairement. Et encore là, si ça ne les impacte pas dans leurs opérations, on leur dit, mais pas tout (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Dans le cadre de collaboration sur l'avion vert, afin de connaître les impacts environnementaux, notamment à travers l'analyse du cycle de vie, il est nécessaire d'avoir beaucoup de données. Cela n'est pas sans poser de problèmes de recueil et de confidentialité.

Pour avoir une bonne collaboration, il faut s'entendre sur de bons indicateurs. L'ACV c'est très laborieux et invasif. On peut demander à nos fournisseurs un certain nombre d'informations : combien de déchets, etc. Mais l'équipe d'ingénierie doit avoir ces informations pour permettre de choisir entre les différentes possibilités (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Ces indicateurs peuvent se transformer en critères de choix entre fournisseurs. « Quand on choisit un fournisseur, on a des exigences sur la qualité, sur d'autres critères. On va ajouter des critères environnementaux ». Certains outils existent déjà, comme la norme SEDEX (*Supplier Ethical Data Exchange*), permettant l'échange de données. Mais, ce type de norme se fait plus dans une optique de production que de conception.

En fait, plusieurs acteurs visent à un changement de culture avec les fournisseurs pour en faire des partenaires avec qui échanger et entretenir des relations sur des périodes de temps plus longues (voir la section 7.4.3).

Avant on avait beaucoup de fournisseurs. Maintenant on essaie de transformer ça en partenariat. Mettons que l'on avait 500 fournisseurs, et qu'on essaie de réduire ça à 300 — disons — pour établir un lien de confiance. Pour pouvoir dire « regarde j'ai un contrat particulier avec toi et tu as un contrat particulier avec nous. Si tu ne nous livres pas de la qualité, je suis désolé, mais je vais être obligé de te *flusher* parce que tu me coûtes cher quand tu ne fais pas de la qualité. Du coup, si je te sensibilise à nos processus, ça va peut-être t'aider ». En même temps ils prennent ça comme un respect et de la confiance qui s'établit (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Petit à petit, avec la confiance, un changement de culture s'institue vers plus de confiance et de travail collaboratif, et permet également de faire de ses fournisseurs des partenaires de R&D.

Collaboration de R&D

Les partenariats de R&D peuvent prendre plusieurs formes, ils peuvent être directs ou indirects, se faire avec d'autres industriels, des fournisseurs ou sous-traitants, passer par des programmes du type CRD (*Collaborative Research and Development Grant* du gouvernement fédéral), travailler des universités ou des intermédiaires, des centres de technologie ou des consortiums de recherche.

Au niveau de la recherche collaborative, là c'est merveilleux. [...] On se réserve une section de tout ce que nous avons besoin en terme de R&D annuel et on concentre cette section pour faire du collaboratif TRL 4-5-6. C'est une autre façon de faire notre recherche, en collaboration avec d'autres entreprises, d'autres chercheurs et chacun y trouve son compte (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Ces partenariats de R&D se font à différents niveaux de TRL. Souvent assez bas, mais pouvant monter assez haut dans l'échelle, suivant les partenaires choisis, comme dans cet exemple.

On fait affaire, on fait des recherches avec des centres de technologies, pas uniquement des centres de recherche. Par exemple [tel centre de technologie] avec qui on fait des projets qui sont à des niveaux beaucoup plus élevés de TRL, on va aller au prototypage, c'est beaucoup plus proche de notre application, donc c'est pour cette raison qu'on privilégie beaucoup beaucoup de travailler avec eux (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Le rôle particulier des centres de technologie, différent des universités, permet d'initier des collaborations.

7.4.2. Impact de la structure de l'industrie aéronautique sur la collaboration

La structure de l'industrie au Québec est très particulière des acteurs dans tous les domaines importants de l'aéronautique (motoriste, avionneur, fabricant d'hélicoptères, etc.) et l'absence de compétiteurs directs — au moins pour les gros joueurs — impacte grandement la capacité à collaborer au sein d'organismes, car les problèmes de confidentialité liés à la compétition entre acteurs sont réduits.

On a un avantage unique au Canada, au Québec : on a un gros joueur dans chaque sous-domaine de l'industrie : un fabricant d'avions, un fabricant de moteurs, un fabricant d'hélicoptères, un fabricant de train d'atterrissage. Donc quand on se retrouve dans des projets GARDN, CRIAQ, etc. on n'est pas en compétition. On peut travailler ensemble sur les technologies, parce qu'on a des technologies ou des enjeux se recoupant, mais pas de compétition sur le marché. Et ça, ça change la dynamique de travail, parce que si on avait à travailler avec un compétiteur dans un projet GARDN par exemple, ce ne serait pas aussi facile (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Dans cette section, l'impact de la structure de l'industrie aéronautique québécoise sur la collaboration est développé, notamment à travers la proximité des acteurs et le rôle joué par les consortiums de recherche.

7.4.2.1. Proximité géographique des acteurs

On peut distinguer différentes formes de proximités : géographique, cognitive, organisationnelle, institutionnelle, culturelle, sociale, technologique. Dans cette section, c'est la proximité géographique des acteurs qui sera développée et ses impacts.

La proximité géographique permet de gagner du temps lors des échanges de connaissances. Ainsi, ce responsable de la R&D d'une grande entreprise décrit son expérience :

Dans cette entreprise, tout est sous un même toit. [...] La géographie, l'aménagement physique de l'installation, la façon dont nous sommes organisés, la taille des opérations, tout ça rend plus propice l'échange d'informations. Vous avez besoin de parler à untel ou untel, c'est facile d'avoir accès à eux en face à face. Les choses se passent vite (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

À l'inverse, les interactions à distance rendent les choses plus compliquées. Surtout, il y a la perte d'un *momentum*.

Quand on travaille avec [tel autre lieu], c'est à distance. On peut, mais c'est plus difficile, l'interaction est plus lente. Si on travaille avec quelqu'un en R&D, dans un programme d'ingénierie, ils ne le savent même pas vu tous les acteurs en place là-bas ! Peut-être qu'ils ne savent pas qui contacter pour entrer en contact avec quelqu'un d'autre. Ici, connaître le flux d'informations et de savoirs, savoir qui est qui et où est plus facile que là-bas (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Le fait d'avoir un accès direct entre la R&D et l'usine de fabrication est mis en avant par le responsable R&D d'une grande entreprise, où les deux unités sont côte à côte. « Ça nous donne une dynamique d'énergie différente » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre). Pour ce même responsable, la distance entre ces deux unités, « ça rend les tâches plus difficiles si elles sont éloignées du produit. Parce qu'on a affaire à des dessins et des modèles, mais on ne peut pas sortir voir la ligne de production finale » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

En fait, à travers la proximité, c'est la question de l'**interaction humaine** que l'on retrouve. La proximité permet d'échanger avec l'autre, de monter dans l'ordre des priorités et donc de se retrouver plus proche de lui cognitivement, ce qui facilite l'échange de connaissances tacites.

Si je peux venir à votre bureau tous les jours et vous poser des questions, il y a pas mal de chance que vous donniez une plus grande priorité à mes besoins. Si on ne se voit jamais ou que je vous envoie un *e-mail* que vous pouvez lire, ou ne pas lire ou même ignorer, il y a une dynamique humaine ou plutôt une absence de dynamique humaine qui va influencer votre capacité à obtenir une bonne collaboration. Alors à travers la dimension géographique, il y a des problèmes de distance qui vont gêner, causer des problèmes pour la collaboration. Alors qu'entre les quatre murs de cet immeuble, nous allons pouvoir travailler ensemble plus efficacement non pas parce que nous sommes de meilleures personnes, ou de meilleurs êtres humains, mais tout simplement parce que nous sommes tous dans le même lieu. Cela permet vraiment une meilleure collaboration (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Cela pose un problème parce qu'il est rare que dans une collaboration inter-organisationnelle, les différentes organisations se partagent des locaux communs.

On observe toutefois une forte densité d'entreprises dans la grande région de Montréal, dans le secteur aéronautique, ce qui en fait la ville du Canada consacrée à cette industrie.

Le programme est régional ici, parce qu'on connaît très bien la recherche aérospatiale, c'est pas la Colombie-Britannique, c'est pas Halifax, ce n'est pas même l'Ontario, c'est ici à Montréal. C'est pas même au Québec, c'est ici, à Montréal. Il y a plein de politiciens, de personnes. C'est un fait accompli, on ne peut rien faire c'est ici (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Les entreprises ne sont pas seules, elles sont intégrées dans un véritable écosystème autour de l'aéronautique avec également des centres de recherche, des universités, etc. prêtes à collaborer.

Pour la collaboration, surtout dans la région de Montréal avec la proximité, la géographie qui nous aide beaucoup. Je suis certain qu'on est bien, bien placé par rapport à tous les pays du monde. La synergie entre les quatre universités, toutes les compagnies qui sont dans la région de Montréal, dans un rayon de 30 km. On ne peut pas voir ça dans n'importe quel pays. Ce n'est pas simplement la présence de l'industrie dans un rayon, c'est aussi la présence des centres de recherches et des universités. On est très très fort là-dedans. Et aussi, le support du gouvernement (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Une telle proximité des entreprises, sans correspondre à ce qui se passe dans un lieu unique, facilite la collaboration pour les acteurs, qui peuvent alors se voir, effectuer des sessions de travail en commun, des réunions, leur permettant l'échange de connaissances tacites et de valeurs, créant de la proximité cognitive.

En raison de SA2GE en particulier, mais aussi au point de vue coordination, codéveloppement, avoir quelqu'un à Montréal c'est bien plus pratique. Si c'est juste acheter un équipement, ou une technologie, que ce soit un fournisseur à Montréal ou à Paris... ce n'est

pas trop pertinent. Mais dans un contexte de codéveloppement, ça a plus de sens d'être proches (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Un des grands avantages d'un tel maillage est que si tout le monde ne connaît pas tout le monde, il s'agit d'un petit monde avec un fort niveau de connexion et de connaissance entre professionnels, associé à une structure administrative relativement légère, ce qui rend le flux de partage d'informations plus facile car les acteurs peuvent directement rentrer en contact avec la personne avec laquelle travailler.

Au Québec on se connaît, moi je connaissais tout le monde, c'était relativement facile de faire travailler, par comparaison avec, par exemple, la France. J'avais un organigramme où quelqu'un de *Aerospace Valley* me montrait comment aller chercher du financement en France c'est faramineux quoi ! Il y a beaucoup de *cash*. Mais il faut le trouver. C'est un diagramme épouvantable, avec toute sorte de flèches, il faut que tu ailles à tel ministère ensuite il faut que tu ailles ici, il faut aller là etc. non ici c'est beaucoup plus simple (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Ce fort niveau de connexion dans un espace relativement restreint que l'acteur suivant nomme **intimité du partenariat**, associé à la présence des consortiums de recherche (voir la section 7.4.2.2) influe sur la dynamique et la culture de collaboration (voir la section 7.4.3).

Moi je pense que c'est le modèle qu'on a développé au Canada qui est intéressant. Initialement c'est beaucoup basé autour du CRIAQ. Oui, on a le financement qui vient avec notre programme, mais **ce n'est pas juste une histoire de financement c'est une histoire de comment tu crées la dynamique autour des joueurs et comment tu les fais collaborer ensemble et avancer ensemble**. Et ça, c'est peut-être notre avantage ou notre désavantage, mais on est un petit pays donc on n'a pas non plus des millions de joueurs, même si le pays est grand. Mais pratiquement tous les joueurs se connaissent et se fréquentent, on peut presque dire intimement, régulièrement. Et ça, ça crée une différence énorme avec d'autres pays, d'autres ensembles, d'autres régions notamment l'Europe qui a un très très bon programme aussi avec le programme européen, programme « CADRE » mais qui est embourbé plus dans des histoires de bureaucratie où il n'y a pas cette **intimité du partenariat** que le Canada et en particulier le Québec a réussi à développer. Je pense que ça, c'est une des histoires du succès (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Cela fait de Montréal un attracteur dans le secteur aéronautique, où plusieurs entreprises souhaitent installer une aile locale afin de profiter de cette capacité de codéveloppement, pour travailler avec les entreprises locales et apprendre des pratiques du secteur. On observe plusieurs « compagnies étrangères qui vont ouvrir un bureau à Montréal justement pour travailler avec nous et toute la grappe industrielle » (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

De ce point de vue, il est possible d'aller plus loin, en favorisant une proximité importante, par exemple à travers l'implantation au sein d'un parc technologique, ou le partage de locaux. Plusieurs entreprises installées à Montréal partagent également des locaux avec des centres de recherche ou des centres technologiques afin de bénéficier de cette proximité géographique.

Le monde qui est ici est aussi à [tel endroit]. Donc il y a beaucoup d'allers et venues. Les gens, ils vont là-bas, ils ont des *meetings* d'équipe. Juste sur [tel projet d'avion vert, cette compagnie] est dans au moins trois sites. [...] Là, ils se rencontrent tous, ils font des liens. Ça, c'est une gestion serrée (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Ces lieux d'espaces organisent également des activités sociales afin de faciliter la rencontre de personnes, d'entreprises différentes au sein de l'industrie.

On a des 6 à 8 [...] tous les 3 mois à peu près. [...] **C'est vraiment intéressant de voir comme on renforce des liens déjà existants, puisque tout le monde se connaît déjà dans ce domaine-là. Mais ça renforce des liens qui sont intéressants puisqu'en augmentant la communication entre ces gens-là, on augmente les chances de partenariat, d'innovation commune, de partage d'informations.** C'est quelque chose qui va devenir de plus en plus important et de plus en plus au cœur de notre action (Analyste/ingénieur, Consortium de recherche).

Étant donné l'importance de la proximité, des projets de partage d'espaces physiques sont à l'étude. Ils visent 1) à mutualiser des équipements et donc de diminuer les coûts permettant de toucher des acteurs plus petits, et 2) à favoriser des rencontres en vue d'aboutir à des partenariats.

Toute cette dynamique est reliée à l'importance des consortiums de recherche, très présents dans la région montréalaise.

7.4.2.2. Le rôle spécifique des consortiums de recherche

Les consortiums de recherche participent à augmenter les savoirs, l'apprentissage et l'innovation à un coût relativement faible, entraînant une augmentation des collaborations et un changement d'ordre qualitatif dans la nature de celles-ci, notamment en augmentant la proximité technologique, institutionnelle, culturelle et cognitive entre organisations.

Je ne peux pas dire plus que la géographie, la présence des compagnies, le support gouvernemental de Québec... toutes les choses qui ont été créées les 10 dernières années : CRIAQ en 2002, en 2001 l'institut aérospatial de Montréal. [...] Après ça on a en 2005 la

grappe aérospatiale. Après ça, en 2009 le GARDN même si c'est fédéral, mais c'est bien basé au Québec et en 2010 on a le SA2GE. Donc ces 6 initiatives dans les 10 dernières années. ET la géographie, la proximité, la présence de gros joueurs aussi bien que moyens et petits. Le fait que tout le monde se connaisse... c'est un modèle et la proximité je répète c'est très important (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

L'étude de terrain a démontré un impact majeur de ceux-ci sur les pratiques collaboratives du système de R&D. Aussi, on présentera les rôles observés de ces consortiums, leur institutionnalisation, et leurs conséquences.

7.4.2.2.1. Les rôles des consortiums de recherche

Les consortiums de recherche jouent plusieurs rôles que l'on va à présent développer : facilitateurs, intermédiaires entre grandes et petites entreprises, intermédiaires entre l'industrie et l'université, catalyseurs d'apprentissage pour les étudiants, lieux de rencontre. Les conséquences sont par la suite développées.

a) Les consortiums de recherche comme facilitateur

Dans leur fonctionnement, les acteurs des consortiums de recherche se considèrent comme au service de l'industrie, pour les aider dans les tâches de collaboration, de gestion de la propriété intellectuelle, etc.

L'idée c'est d'agir comme facilitateur et non pas de se substituer aux organismes qui existaient déjà. C'est ça le truc c'est qu'il faut être au service de, et agir comme facilitateur ne jamais essayer de prendre la place des autres. Le CRIAQ ne fait pas de recherche, le CRIAQ n'a pas de propriété intellectuelle. Le CRIAQ est là pour aider les chercheurs à développer le réseau (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Chaque consortium a son propre modèle, permettant aux entreprises d'aller voir l'un ou l'autre selon les besoins spécifiques. Par exemple, les règles du CRIAQ sont très rigides en terme de propriété intellectuelle (voir l'encadré 7.3 section 7.4.3.4), mais cela contribue à une entente claire sur les règles entre les acteurs avant de commencer la collaboration, règles non imposées par un des acteurs du partenariat, mais par un acteur tiers, le consortium. Cette entente vise à placer les acteurs sur un pied d'égalité dans la relation contractuelle. Ainsi, les

PME n'ont pas l'impression de se faire « avoir » par les grandes entreprises, puisque les règles qui encadrent le jeu sont déterminées d'avance.

Il y a une espèce de démocratie qui doit s'instaurer ou qui est là. Tout le monde doit faire face à la musique. Il n'y a pas d'imposition de la part de personne. Les gens choisissent s'ils veulent ou non montrer, partager leurs choses. S'ils ne veulent pas, ils ne veulent pas. S'ils veulent, c'est selon des conditions spécifiques. Si les conditions ne font pas l'affaire des autres joueurs, ça finit là, c'est tout. C'est simple comme ça (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Les coopérations ou collaborations entre une université et une entreprise existent depuis longtemps dans le secteur de l'aéronautique. La nouveauté avec le modèle du CRIAQ, c'est à la fois d'institutionnaliser cela sous une forme standard, mais surtout de forcer, de par les conditions d'accès, à une collaboration entre entreprises et entre universités (il faut au minimum 2 universités et 2 entreprises pour monter un projet CRIAQ).

À l'origine il y a toujours eu de la collaboration. Dans notre entreprise on a toujours collaboré avec des universités. Mais c'était des collaborations solos. Par exemple on collaborait avec Concordia, avec Poly, avec l'ÉTS, même chose avec XYZ Aircraft. Mais ce qu'on a été capable de maturer ces 10 dernières années, c'est la collaboration entre les universités et la collaboration entre les compagnies. C'est ça le gros atout ici, c'est de regrouper, comme le projet CRIAQ, deux compagnies avec deux universités. C'est un nouveau modèle créé en 2002, on n'avait pas ça avant (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

b) Les consortiums de recherche comme intermédiaires entre grandes et petites entreprises

L'un des rôles importants des consortiums est de contribuer à l'apaisement des relations entre grandes et petites entreprises en se trouvant comme intermédiaire neutre, dont les règles sont fixées à l'avance, comme l'illustre ce responsable de la R&D dans une PME :

Au moins à ce niveau, ils ne se sentent pas menacés par les petites entreprises, ou les petites entreprises n'ont pas à affronter Goliath parce que ce n'est pas directement avec la grande entreprise que la petite travaille, mais avec le CRIAQ. Donc il y a une tierce partie, un lieu de rassemblement. C'est ce lieu qui gouverne les choses et non pas les lois. Et ça, c'est très bien ! (Cadre intermédiaire, Sous-traitant)

En effet, les relations ne sont pas toujours faciles entre grandes et petites entreprises, notamment depuis que les maîtres d'œuvre souhaitent faire de leurs sous-traitants des intégrateurs.

Pour une PME avoir une grosse compagnie qui les aide à cheminer c'est essentiel, et ce qu'a fait le CRIAQ c'est qu'il a évité à la PME d'avoir à passer par les systèmes de *procurement*

donc tout ce qui est approvisionnement. C'est très pénible pour une PME de vendre son produit en passant par un département d'approvisionnement et dont le but c'est de réduire au maximum le nombre de fournisseurs. C'est une situation difficile. Pour une nouvelle PME, c'est très difficile de pénétrer, parce que les grosses compagnies ne veulent pas en avoir une de plus. En fait c'est d'avoir des ce qu'on appelle des intégrateurs, un intégrateur c'est un élément intermédiaire ce qu'on appelle *tear one* pour la grosse entreprise et qui va gérer l'ensemble des PME autour d'elle et qui va faire en sorte qu'il va fournir à l'entreprise un *package* : un cockpit, l'avant d'un avion, le fuselage complet avec tout ce qui va avec. Il ne veut pas chaque vendeur, le fournisseur de câble, le fournisseur de ci, de ça qui l'alimente ce qui était le cas avant (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

La disproportion de taille et de pouvoir économique a tendance à créer une relation d'asservissement lorsque les grandes entreprises et PME travaillent directement ensemble : « Le problème c'est qu'il peut y avoir une situation où une grande compagnie va identifier une petite compagnie et va lui dire "fabrique ça pour moi". Le problème c'est que la petite compagnie devienne presque captive » (Cadre supérieur, Consortium de recherche). En se plaçant comme intermédiaire, les consortiums de recherche contribuent à fluidifier et faire travailler sur un mode plus égalitaire ces acteurs, et à permettre aux acteurs des grandes entreprises de réaliser des découvertes sur les produits, les procédés développés en dehors de leur propre entreprise.

Pour une PME, l'avantage du CRIAQ, c'est que ça lui permet de travailler avec une grosse entreprise. Elle ne peut pas vendre parce qu'il faut toujours que ça passe par l'approvisionnement, mais de faire comprendre aux ingénieurs de la grosse entreprise les avantages de leur produit. Une fois qu'ils ont réussi à convaincre l'ingénieur en opération dans la grosse entreprise, ensuite l'ingénieur à l'intérieur va faire en sorte de convaincre son département d'approvisionnement de faire affaire avec cette PME (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

La perception entre les acteurs est assez importante sur le rôle de chacun. Les grandes entreprises se voient comme les instigatrices de l'innovation.

Les grandes entreprises ont certainement des grandes capacités d'innovations, mais il y a certaines choses qu'elles ne peuvent pas faire, puis de toute façon... L'innovation ouverte, la collaboration dans des consortiums, dans des partenariats comme ça, il faut que ça vienne de partout. Mais dans l'optique initiale, ça ne vient pas de partout, ça vient des grandes entreprises. Dans la tête des grandes entreprises, c'est dicté par les grandes entreprises (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Les grandes entreprises perçoivent les PME comme n'étant pas assez impliquées, sur les questions liées à la R&D, l'innovation et la collaboration.

Les PME sont timides. [...] Les PME sont toujours timides au point de vue collaboration aérospatiale que ce soit avec les grosses entreprises ou les universités. Et c'est un défi. [...] Il y a des programmes au Canada comme le PARI (Programme d'aide à la recherche industrielle du CNRC) par exemple, pour faciliter ça, ça aide beaucoup, mais ce n'est pas suffisant. Ils peuvent faire plus. Je ne parle pas de tous, sur les 250 compagnies qu'on a au Québec, combien sont actives au CRIAQ ? Seulement une quarantaine. Mais combien ont des projets : une vingtaine. Je trouve que c'est un bon pourcentage (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Pour plusieurs acteurs du secteur, la cause est double : 1) Elles n'ont pas une structure, une culture d'innovation. 2) Elles n'ont pas les fonds suffisants pour placer la question de l'innovation en haut des priorités. « Quand tu parles d'une PME de 50 employés, ils doivent survivre, ils n'ont pas le temps de négocier des ententes de collaboration avec les universités par exemple » (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche). Or les grandes entreprises ont de l'argent, mais souhaitent le dépenser pour leurs projets, alors que les PME seraient souvent prêtes à collaborer, mais ne le font pas car elles n'ont pas les budgets.

Les grandes compagnies elles vont avoir l'avantage d'avoir le budget d'investir dans des projets d'innovation, mais vont avoir tendance à vouloir le faire dans leur coin. Les petites compagnies ont moins de budgets, et vont vouloir mettre des choses en commun pour travailler. Il faut qu'on trouve une solution là-dedans pour que ça fonctionne bien (Analyste/ingénieur, Consortium de recherche).

Les PME sont confrontées à des budgets moindres, mais également une difficulté à rentrer dans les grandes entreprises, à se faire percevoir comme des acteurs valables dans la course à l'innovation : « il y a un reste du quotidien où les petites entreprises sont reléguées au rang de simples fournisseurs de vis et de clous » (Cadre intermédiaire, Sous-traitant). Elles sont également confrontées à la lourdeur administrative que peut représenter une grande organisation, notamment en devant traiter avec une multitude d'acteurs de départements différents ayant chacun ses enjeux propres.

Or, les consortiums de recherche jouent un rôle de catalyseur d'une nouvelle perception du rôle des PME dans l'innovation, comme l'énonce cet acteur travaillant dans un consortium :

Je pense que la façon dont l'innovation est vue par les grands partenaires industriels va changer en partie grâce à nous. Je pense que le changement est en train de se faire. En ce moment, le point de vue des grands partenaires industriels c'est qu'ils définissent la route, la direction, ils choisissent l'entreprise, ils dictent quoi faire à l'entreprise et ils vont transférer des technologies, aux PME, donc même la définition de mobilisation c'est plutôt ça du point de vue du partenaire industriel, c'est donner des outils, des connaissances, des technologies à une PME, pour lui permettre en retour de prendre une plus grande place dans l'industrie. Le

point de vue des participants, des PME, c'est qu'elles ont énormément de capacité d'innovation à apporter, elles peuvent contribuer à définir la route, elles peuvent vraiment apporter les fameuses innovations de rupture, elles peuvent apporter ça. Puis c'est vraiment en train de changer, il y a certaines entreprises là-dedans qui commencent à penser à ça (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

On observe que si les maîtres d'œuvre se voyaient en haut de la pyramide, donnant la route à suivre, par tous, une vision plus consensuelle émerge à travers les partenariats naissants au sein des consortiums, entraînant une vision qui correspond plus à une innovation horizontale où les petits acteurs peuvent contribuer en amenant du changement par rapport à de grandes entreprises, qui suivent leurs modèles structurés. Les consortiums permettent également aux PME de démontrer leur capacité d'innovation auprès des grandes entreprises, en touchant directement les acteurs du système de R&D de ces dernières.

Les consortiums ont en effet un objectif d'intégration explicite (SA2GE) ou implicite (CRIAQ) des PME dans les chaînes des grandes entreprises.

Ça a été un objectif qui n'a jamais été explicitement énoncé, améliorer la compétitivité ou l'intégration des fournisseurs dans les chaînes d'approvisionnement des grandes entreprises. Ça, c'est quelque chose qui n'est pas officiellement mis de l'avant, mais on sert aussi ce rôle-là, ne serait-ce qu'avec le réseau qu'on a, les nouveaux membres peuvent venir à nos comités de la recherche où il y a un représentant par entreprise donc pour eux ils peuvent faire du réseautage, présenter leur entreprise, ça leur fait un marché des grandes entreprises disponibles. Ça les fait travailler en collaboration avec des grandes entreprises sur des problématiques. Eux, ils peuvent apporter des technologies qu'ils ont, des développements, des procédés sur lesquels ils travaillent. Et raffiner ça, les entreprises voient que, oui, telle entreprise a la capacité de fournir tel type de technologie. On peut contribuer à construire des relations d'affaires. Mais ça, c'est un effet indirect qu'on a (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche).

Les consortiums de recherche permettent aux petites entreprises de prendre une plus grande importance dans le processus de collaboration et d'innovation avec les grandes entreprises, comme l'explique ce responsable de R&D d'une PME :

[La culture de collaboration se situe] entre moyenne et médiocre. Si nous ne regardions que le CRIAQ, je dirais qu'elle est excellente. Mais le CRIAQ ne couvre pas tout [...] Mais sous le parapluie CRIAQ, c'est merveilleux. Mais ce n'est pas ça qui règne et qui gouverne au complet (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

c) Les consortiums de recherche comme intermédiaires entre l'industrie et l'université

Les consortiums de recherche permettent de jouer un rôle important entre les universités et l'industrie, instituant un changement de mentalité de ces deux acteurs. D'un côté, les universités se rapprochent du monde industriel, pour des enjeux de financement, mais aussi d'accès aux savoirs, aux projets menés.

Je vois les universités qui grâce au CRIAQ commencent à être très très ouvertes et embarquent dans plus de projets par rapport à la culture des universités : très académique, *basic research*. On voit de plus en plus des professeurs qui veulent s'impliquer, qui veulent travailler avec les industries. Il y a eu un gros changement, dans la mentalité de beaucoup de professeurs et des universités pour se rapprocher de l'industrie. Et lorsque je parle de l'industrie, je parle des gros joueurs de l'industrie, parce que c'est eux qui financent les projets (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

La perception de l'université évolue également dans l'industrie. Elle est vue comme plus connectée, avec des savoirs pratiques à mettre en œuvre, et des connaissances à apporter.

Les consortiums de recherche ont favorisé ce mouvement d'attraction du milieu universitaire vers l'industrie, notamment en donnant accès à des sources de financement important.

Dans les universités, vous auriez eu de la peine à trouver une place où un chercheur s'identifiait à l'aéronautique. Aujourd'hui il y en a 500 ou 600. Pourquoi ? Parce que quand on dit aux chercheurs « faites un projet sur les nouveaux matériaux, etc. », automatiquement tous les gens qui sont en composite vont maintenant faire des composites pour l'aérospatiale. [...] Quand on parle pour un chercheur universitaire de **lui donner de ½ à 2 millions pour faire des projets de recherche avec des étudiants, c'est hors-norme**, c'est beaucoup plus gros que tout ce qu'ils peuvent aller chercher comme financement. Alors les gens ont commencé à trouver ça de plus en plus intéressant et à s'identifier de plus en plus au CRIAQ. **On n'a pas créé des chercheurs, on a tout simplement converti des chercheurs.** Et ç'a été une des clés du succès, des chercheurs qui en s'identifiant au CRIAQ, à l'aérospatiale, ça a fait boule de neige. Ça en a attiré d'autres. Par exemple au début, c'était que des chercheurs de Génie mécanique, tranquillement l'avion est devenu un sujet extrêmement central donc ça a attiré de plus en plus de chercheurs de génie électrique, de plus en plus d'informatique, de plus en plus de fabrication, donc Génie industriel et maintenant on peut compter des chercheurs dans tous les domaines du Génie. Et de plus en plus aussi ça va être administration et bien des affaires parce que finalement c'est très large (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Faire travailler ces différents acteurs est riche en enseignement pour les industriels comme pour les universités. Par exemple, pour les universités, cela permet de mieux connaître et comprendre les besoins et les contraintes spécifiques liés aux secteurs.

Les plateformes qu'offrent les consortiums de recherche, c'est quand même très favorable à l'établissement de collaboration, parce que cela fait un partage d'intérêt entre les différents acteurs, et c'est quand même assez unique. Cela permet aux acteurs du secteur de se rendre compte des points communs qu'ils ont et comment trouver des solutions communes, pour les gens qui font de la recherche et qui sont un peu plus loin de l'industrie, cela permet de s'aligner avec les secteurs du besoin industriel (Cadre intermédiaire, Université/Centre de recherche).

Ce travail commun nécessite de trouver un ou plusieurs terrains d'entente entre les acteurs ayant des attentes, pratiques, méthodes, rythmes différents. C'est là que le consortium de recherche doit faire preuve de subtilité.

Il ne faut surtout pas faire le bulldozer et puis essayer de pousser le monde, « vous chercheurs universitaires vous ne fonctionnez pas assez vite pour l'industrie », ou dire à l'industrie « vous ne comprenez rien à l'université ». C'est pas ça. Il faut, simplement tranquillement les ramener pour que les silos commencent à entrer en contact entre eux là (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

d) Les consortiums de recherche comme catalyseurs d'apprentissage pour les étudiants

À travers leurs modes de fonctionnement, et notamment pour le CRIAQ qui intègre systématiquement plusieurs universités dans chaque projet, les projets collaboratifs des consortiums de recherche permettent de former et servent de lieu de transfert de connaissances pour les étudiants.

Les étudiants c'est eux qui en bénéficient le plus parce qu'eux sont plongés dans le milieu industriel donc ils apprennent énormément parce qu'eux c'est ça qu'ils veulent. Ils veulent du terrain, ils veulent du sujet, ils veulent de la matière. Alors lorsqu'on leur donne une tâche spécifique dans un projet de recherche, ils en font leur succès personnel c'est merveilleux (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Cela contribue à obtenir un personnel disposant de meilleures connaissances théoriques et pratiques, mais également pour les entreprises cela permet de recruter à la fin d'un projet de recherche les étudiants ayant travaillé sur ces projets.

Éventuellement, [l'ancien stagiaire embauché] va diriger pour l'industrie des projets du consortium avec des collaborateurs qui étaient ses anciens profs. C'est incroyable ce phénomène. J'ai vu des situations où le gars, le jeune qui a obtenu sa maîtrise était en entrevue pour l'industrie. Il est devenu en charge du projet de son ancien patron et c'était lui qui était le plus exigeant parce qu'il connaissait les forces et les faiblesses de son ancien patron, c'est un impact extraordinaire (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Dans le cas du CRIAQ, une entente avec le fonds canadien CRSNG permet de simplifier l'attribution de bourse d'études, dans la mesure où l'entreprise paye 25% de celle-ci, 25% par le CRIAQ et 50% par l'organisme subventionnaire.

e) Les consortiums de recherche comme lieux de rencontre

Même s'ils ne sont pas seuls, les consortiums de recherche servent de lieu de rencontre dans l'industrie, à travers l'organisation d'événements, comme le forum organisé par le CRIAQ, permettant la rencontre et l'échange entre acteurs. C'est particulièrement important parce que c'est souvent à travers la rencontre de personnes et la confrontation d'idées que naissent des partenariats.

Comment germent les partenariats ? Il y a des choses informelles comme partout. SA2GE étant un réseau avec des individus qui se réunissent parce qu'il y a plein de conseils d'administration. Comme n'importe quel réseau, il y a des partenariats qui naissent de relations très personnelles (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Il arrive souvent que les collaborations s'initient lors du forum organisé par le CRIAQ.

La notion de forum qui est la façon la plus concrète de faire ce que l'on appelle de l'innovation ouverte, le forum du CRIAQ c'est de l'innovation ouverte réelle. Les gens les compagnies proposent et les universités réagissent et c'est à partir de ce moment-là qu'on a fait des montages de produit (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Selon un des acteurs interrogés, cela correspond à une version « humaine » et « à la québécoise » de l'innovation ouverte.

[Au début, le concept d'innovation ouverte,] ce n'était pas connu et par la suite je me suis dit « mais mon dieu c'est exactement ce qu'on fait ». Donc on s'est tout simplement rattaché à l'idée. C'est pas méthodologique. Si vous allez sur le web vous allez trouver des organismes d'innovation ouverte extrêmement organisés où les chercheurs font des offres de service, etc. Nous, on n'a pas ça. **Nous on le fait de façon plus personnelle.** Il y a des contacts humains tout le temps (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Ces rencontres réalisées lors des forums tendent avec le temps à en sortir, les acteurs se connaissant et étant capables de prendre contact entre eux.

Depuis 10 ans les gens commencent à se connaître, donc ce qu'on a permis de faire c'est un peu de générer une base d'expertise et de la rendre disponible parce que maintenant il arrive fréquemment que des entreprises appellent des profs et leur présentent des projets. Il y a des projets qui se structurent même hors forum. Avant ils ne se connaissaient pas. Maintenant il y a plusieurs entreprises qui pensent, qui parlent, et les projets se préparent avant les forums.

Les forums, bon, c'est une tribune pour les mettre de l'avant. Mais de plus en plus on voit des gens qui se parlent avant, qui discutent des projets pour présenter vraiment quelque chose de structuré au forum. Souvent ils ont des idées de quel prof va pouvoir diriger le projet. Avant c'était quelque chose d'impossible, ils ne se connaissaient pas. Mais là maintenant, les entreprises veulent travailler avec les chercheurs les appellent, initient des projets avec eux (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche).

En ce sens, le CRIAQ a permis de faire émerger l'écosystème d'innovation en rendant visibles ses acteurs qui se sont mis à interagir.

Les liens qui ont été tissés entre les chercheurs et les compagnies c'est des liens qui perdurent à l'extérieur du CRIAQ. Il y a des chercheurs maintenant qui sont identifiés par les compagnies comme étant leurs conseillers privilégiés quand il s'agit de développer certaines nouvelles idées (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

On observe également de nouvelles formes d'initiations de partenariat, les acteurs intégrant la collaboration comme pratique d'innovation.

Il y a quelque chose qui a été fait dont j'ai été informé presque par accident, mais c'est une première. Plusieurs partenaires industriels se sont mis ensemble, je sais même pas lesquels. Je sais qu'il y en a au moins trois... Plusieurs des grands se sont mis ensemble et ont créé une petite équipe de visite. Ils ont débarqué dans les entreprises PME étant de potentielles participantes pour leur rendre visite, prendre connaissance de ce qu'elles avaient à offrir. En leur disant : « on vient voir ce que vous avez à offrir, on vient juste faire connaissance un peu plus, puis on verra après ». Effectivement, à la suite de ces visites, il y en a qui ont reçu des coups de fil pour dire on a aimé ce que l'on a vu, mais là ce n'était pas l'équipe au complet. C'est une des entreprises, un maître d'œuvre qui a appelé la PME puis qui a dit « l'autre fois on a été visité. On aimerait maintenant s'asseoir, pour discuter un à un ». Il y a eu ça. Les PME ont dit qu'ils n'avaient jamais vu ça, que c'était la première fois que ça se faisait comme ça. Les entreprises sont très frileuses pour dire ... C'est pas un bar ouvert. C'est XYZ Aircraft, Avion 123, ABC Aviation qui décident quelle PME, ils choisissent. Mais en même temps ils font des démarches comme celle-là, qui n'ont jamais été faites auparavant [...] Les PME ont adoré ça. Les PME qui ont reçu ces visites-là étaient très très heureuses, parce qu'elles avaient l'impression de quelque chose de vraiment organisé (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

7.4.2.2.2. Une institutionnalisation des consortiums de recherche

Depuis la création du CRIAQ il y a 10 ans, les acteurs observent une crédibilité construite sur le temps. « On a la chance d'avoir de bonnes relations avec beaucoup d'intervenants c'est un travail de longue haleine parce qu'il faut se bâtir une crédibilité, une réputation en tant qu'organisation » (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche).

Le cas du CRIAQ est particulièrement intéressant, car il s'agit du plus ancien des consortiums dans le secteur aéronautique au Québec, les deux autres consortiums GARDN et SA2GE s'étant inspirés du succès du CRIAQ. Celui-ci est devenu un acteur central et incontournable dans la R&D en aéronautique : « on a des facilités à entrer en contact. Quand j'appelle quelqu'un, je reçois des retours d'appel assez rapidement. On est assez central et important pour ça » (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche). Ainsi, le CRIAQ s'est petit à petit transformé en modèle de recherche collaborative dans d'autres secteurs au Québec, tel que l'illustre cet extrait du site internet de l'organisme :

Le modèle du CRIAQ a servi d'exemple à la création de plusieurs consortiums similaires au Québec dans plusieurs secteurs de spécialisation. Le modèle attire l'attention à l'échelle internationale. Au Rendez-vous du Savoir qui s'est tenu au Palais des Congrès de Montréal le 6 octobre 2011, un hommage spécial a été rendu au CRIAQ à titre de modèle québécois de collaboration entreprises-universités.

Le modèle d'action a également été repris dans d'autres pays dans le secteur aéronautique, ou pour le moins observé et étudié.

Aerospace Valley, au début, durant leur création, nous a contacté. On leur a donné quelques idées sur la façon dont fonctionnait le CRIAQ. Ils se sont inspirés du CRIAQ. Aujourd'hui les Japonais essaient de créer un CRIAQ japonais. On travaille à l'échelle internationale, c'est dire que ce modèle fascine tout le monde. **Bon chaque ingrédient est simple, mais c'est de les mettre ensemble, de les faire fonctionner, qui a fait que le système a fonctionné** (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

L'un des éléments centraux dans le succès du CRIAQ a été l'élaboration d'une **relation basée sur la confiance entre acteurs**. Celle-ci est fondamentale pour élaborer une véritable collaboration, comme l'énonce un des acteurs : « je pense que vous ne pouvez pas avoir de collaboration si vous ne pouvez pas avoir des gens qui se font confiance » (Cadre supérieur, Consortium de recherche). Or le CRIAQ a permis cette confiance mutuelle construite sur la durée.

Le CRIAQ au niveau de l'industrie a changé de façon profonde la culture de collaboration. On a réussi à faire collaborer des Pratt, des Rolls Royce par exemple, des compétiteurs dans plusieurs projets, CAE et CMC aussi. Donc dans plusieurs projets on a fait tomber des murs et c'est beaucoup basé sur la confiance (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche).

Les éléments clés, facteurs de succès, sont le financement intéressant, la participation d'acteurs clés, une relative simplicité administrative, une entente de propriété intellectuelle

stable et équitable, des projets de R&D à un niveau précompétitif et une importance donnée à la dimension humaine.

À la base de l'intérêt des entreprises se trouve la capacité de financement à travers des fonds gouvernementaux permettant aux industriels de bénéficier d'une R&D à un coût relativement faible. C'est la raison initiale pour laquelle les entreprises et universités se sont intéressées au CRIAQ.

Lors du premier forum CRIAQ, les gens sont venus avec un peu de curiosité, et de réticences. Ils n'étaient pas consentants. Les universités, les industriels ne savaient pas trop à quoi s'attendre et là on a commencé l'idée de faire des projets, on était bien obligé. [...] Avec les collaboratifs c'était les conditions du financement. L'argent, c'est ça qui fait la différence. Vous mettez l'argent sur table les gens se réveillent et ils disent « bon ben on va essayer de s'aligner » [...] Alors donc on a mis les gens ensemble, on les a bien encadrés, on leur a dit « il y a de l'argent, si vous travaillez ensemble ». L'industrie a mis de l'argent sur la table, donc ils étaient intéressés. Ils ont identifié des ingénieurs pour suivre les projets parce que c'était leur truc, il fallait qu'ils s'en occupent. Les universitaires ont trouvé un avantage à avoir de l'argent en masse qui venait sans avoir énormément de papiers à remplir. Ils ne savaient pas que la propriété intellectuelle allait bloquer à un moment donné et là il y a la confiance qui s'est créée. Ils ont appris à travailler ensemble (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Cet intérêt financier servant d'incitatif à également bénéficié et permis la présence d'acteurs clés du monde aéronautique industriel dès les premières années du consortium.

Ça prend des champions qui ont assez de *leadership* pour insuffler des dynamiques comme ça dans une industrie. Ce n'est pas rien. Ça prend des champions et petit à petit, le CRIAQ a réussi à faire ça (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche).

Par ailleurs, un autre enjeu se situe au niveau administratif : trouver une forme d'organisation permettant de garder les acteurs concentrés sur l'objectif réel de la collaboration, c'est-à-dire la R&D, et non sur l'administration de celle-ci, qui trop souvent dans ce type de projet prend une part trop importante, détournant les acteurs de leurs objectifs. Pour ce faire, le CRIAQ a préféré une croissance à un rythme moindre, mais en gardant sa capacité à rester simple :

Que ça soit « *keep it simple* ». On n'a pas essayé dès le début d'amener des financements à gauche et à droite, d'aller chercher le CRSNG. Non, on va garder strictement le CRIAQ. Pour ne pas créer des bruits de fond inutiles (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Au niveau de la propriété intellectuelle (voir l'encadré 7.3 section 7.4.3.4), l'entente permet un compromis entre les différents acteurs ayant participé à un projet, leur permettant d'être à la fois protégés et de tirer parti des avancées du projet.

Le fait que les projets de R&D soient à un niveau de TRL assez bas permet de demeurer à un niveau précompétitif, donc il n'y a pas de conflit direct avec une mise en marché à court terme. Il est donc plus facile pour les entreprises de travailler ensemble et de partager entre elles, sachant qu'il reste par la suite de nombreuses années de recherche. Dans les premiers temps du CRIAQ, cela a permis aux acteurs de commencer à travailler ensemble, pour se connaître.

On essaie d'être dans des projets précompétitifs, c'est sûr qu'il y en a qui débordent un peu. Les barrières tombent plus facilement, c'est des projets qui vont prendre 15 ans après, ou 10 à 15 ans pour une commercialisation après le projet. Si c'est des trucs plus génériques que chacun peut apprendre après dans son entreprise et le développer davantage (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche).

C'est actuellement à ce niveau que se fait le maximum de création et de transfert de savoirs inter-organisationnels.

Là où il y a le plus de transfert des connaissances, c'est là où on sent le moins de susceptibilité de se faire avoir en termes de concurrence. C'est-à-dire plus on est sur le précompétitif et les choses qui sont à appliquer partout dans le secteur peu importe qui tu es, plus c'est ouvert en termes de transfert des connaissances. [...] Après quand tu te rends sur un projet sur le moteur, sur les composantes du moteur, sur la structure... là, la collaboration est plus délicate, le transfert de connaissances plus limité. Donc ça dépend, il y a des sujets pour lesquels plus c'est vu et vécu comme quelque chose de précompétitif et générique, à attribuer à l'ensemble du secteur, plus la collaboration va être facile (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Cela ne veut pas dire que la R&D collaborative doit rester à un niveau précompétitif, mais dans un premier temps, cela a permis d'initier des projets entre plusieurs acteurs n'ayant jamais travaillé ensemble et leur a permis d'apprendre à le faire en collaboration, à connaître les autres acteurs et à développer une relation de confiance avec eux. Puis une fois la démarche et le fonctionnement connus, cela permet d'initier un cercle vertueux de collaboration, permettant de reconnaître les avantages autres que purement financiers.

Quand on parle des gens du deuxième forum, beaucoup de chercheurs du premier étaient en place pour attendre de nouveaux projets. Et là, ça s'est mis en place. C'est-à-dire que vous créez un climat où les gens travaillent ensemble, où ils y trouvent leur avantage, ils finissent par se faire confiance et finalement l'avantage au lieu d'être strictement pécuniaire devient un

avantage d'interactions, de nouvelles idées, de confiance de fond. Ils ont eu du *fun* à travailler ensemble. Les étudiants y sont avantagés... c'est comme ça que ça marche. En fait vous créez un club (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Ainsi, à travers le temps, on observe une institutionnalisation du CRIAQ comme organisme « fonctionnant par lui-même » (Cadre supérieur, Consortium de recherche) et une standardisation des routines associées, permettant de rendre plus simple la collaboration, mais également d'aller plus loin dans celle-ci. Aujourd'hui, celle-ci se fait beaucoup plus naturellement qu'il y a dix ans.

À partir du moment où on signe les papiers requis et tout ça ils sont à l'aise à fournir de l'information, une fois qu'on a réglé l'aspect confidentialité. Quand on met de nouveaux joueurs dans un projet après tout se passe bien. L'aspect confidentialité, la confiance est là. Il n'y a pas de problème en termes d'information [...] en général, l'approche avec les partenaires qu'on a, je ne dirais pas qu'elle est difficile à gagner. A priori elle est là et tant qu'on y fait attention et qu'on a compris que c'est un aspect important pour nos partenaires, elle reste là. On n'a pas quelque chose à démontrer pour gagner la confiance des gens (Cadre intermédiaire, Université/Centre de recherche).

7.4.2.2.3. Conséquences des consortiums de recherche

Au-delà de la création d'un environnement favorisant la confiance entre acteurs de l'industrie, et donc un changement dans la culture de la collaboration (voir la section 7.4.3), les consortiums de recherche ont quatre conséquences sur le système de R&D : a) tout d'abord, avec de « faibles » budgets, ils permettent d'obtenir un important effet de levier et une orientation de la recherche vers l'environnement, b) de tels financements permettent aux entreprises d'effectuer une R&D à plus long terme et sur des aspects fondamentaux qu'elles n'auraient pas financée, c) de par son rôle, le consortium de recherche agit comme un catalyseur de nouvelles connaissances, d) le consortium de recherche devient un acteur clé dans le changement de culture de collaboration.

a) Un important effet de levier financier permettant à l'environnement de jouer un rôle d'« attraction » de la recherche

L'industrie aéronautique est fortement consommatrice de capitaux et a de grands besoins en financement de son système de R&D. « Les besoins sont tellement immenses qu'il y a

toujours un projet qu'elle n'a pas encore déposé dans un programme parce que le programme n'existe pas encore il n'y a pas eu d'appel d'offres » (Cadre supérieur, Consortium de recherche). Or même si le budget des consortiums de recherche est modéré relativement aux dépenses générales de R&D et aux financements dans d'autres pays, il permet de réaliser un effet levier et d'orienter le système de R&D en direction de projets environnementaux, comme l'exprime ce responsable d'un consortium de recherche :

Si on regarde ça d'un point de vue absolu, c'est assez limité, parce qu'on a un budget assez limité par rapport aux besoins. Si on regarde [notre budget] pour financer des projets menés par plusieurs entreprises et non une seule — juste le budget de Pratt c'est 400 millions de dollars par année. On est une goutte d'eau dans le budget de Pratt. Et si on additionne tous les budgets de recherche des entreprises, on est vraiment une goutte d'eau. Mais cette goutte d'eau là est importante en terme de signal lancé, en terme de dynamique créée et puis en termes d'incitation à se dépasser aussi dans les entreprises. En se disant on va de plus en plus mettre des projets de plus en plus novateurs sur des dimensions environnementales, ça met en lumière ces projets-là et ça crée donc un effet de cercle vertueux de dire ben avec un petit peu d'argent, ça donne davantage de motivation, de lumière et ça crée de nouveaux projets etc. Donc c'est vraiment une goutte d'eau au niveau absolu, mais je pense que ça a réussi à donner une image en matière de ce qui se fait au niveau environnemental pour le secteur de l'aéronautique malgré notre petit budget. Et ça encourage les *stakeholders* à en mettre davantage (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Cet effet levier à plusieurs causes. D'abord, les consortiums de recherche ont des **coûts d'administration peu élevés**. Il y a une diminution des tâches administratives. Par exemple, dans le cas du CRIAQ, la gestion du personnel est confiée à l'organisme Innovitech.

Tout ce qui touche la gestion, les ressources humaines etc. c'est Innovitech. Tout ce qu'on fait on fait un *deal* avec Innovitech et ça reste très simple, on leur faire un chèque une fois par mois, ils s'occupent de tout. Ça a été vraiment la trouvaille du siècle parce qu'ils ont pris en charge toutes les difficultés des ressources humaines, on a eu des cas [difficiles ...]. Au début les gens étaient assez sceptiques de cette affaire-là ils disaient « c'est quoi cette histoire-là ? ». Il y a des conflits d'intérêts etc. Mais maintenant, ils font en fonction de ce modèle, parce que c'est un modèle qui allège complètement... Vous savez il y a eu des cas d'horreur, il y a eu des PDG d'organismes similaires qui ont été embauchés ça a mal été, il a fallu qu'ils respectent leurs contrats ça a coûté très cher à l'organisation. Alors qu'au CRIAQ c'était des engagements d'un an pas plus, toutes les responsabilités étaient prises par cet organisme contractuel, ça a été la solution et d'ailleurs c'est une des raisons qui nous a permis de faire beaucoup plus que de gérer des ressources humaines (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Malgré les moyens relativement modérés dont il dispose, le consortium arrive à créer une dynamique, **un état d'esprit permettant la collaboration** en évitant les lourdeurs administratives, sans de baisse de motivation due à de longs délais — qui existe ici aussi —, mais surtout à des taux d'acceptation faibles.

[Par rapport à l'Europe, *Clean Sky*], parce que tu as 1.7 milliard € à dépenser, là t'as intérêt d'avoir des étapes administratives extrêmement longues et vérifiées qui enlèvent un peu la magie du projet. Je pense qu'on peut le dire quand ça te prend un an et demi avant de soumettre une application au programme-cadre, et que tu as juste 15% des projets qui sont acceptés au bout du compte... Peut-être que tu as de meilleurs projets qui sortent, mais toute la dynamique créée que tu as perdu sur 85% des projets que tu as refusés, c'est du gaspillage incroyable alors que sur le CRIAQ, le GARDN on est généralement sur des taux qui visent entre 50% et 90% des projets qui sont acceptés. On crée la dynamique et on l'amène plus loin. C'est ça que ça signifie ! [...] C'est quand même plus encourageant de passer tout ce temps-là que si à la fin comme en Europe, tu as une réponse négative au bout du processus en disant ben finalement ce que vous me proposez c'est... on a en tellement reçu que ce n'est pas le votre qui a été sélectionné (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Par ailleurs la **proximité géographique** (cf. section 7.4.2.1) entraîne, relativement à d'autres grappes aéronautiques, une meilleure efficacité dixit de nombreux acteurs. Cela permet également de diminuer les redondances de R&D entre les entreprises.

Au lieu de développer 12 fois la même affaire, dans 5 compagnies non compétitives différentes, on va pouvoir le faire une fois avec un gros budget et une liberté de la faire (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Ce travail collaboratif à des effets de bord intéressants, permettant de trouver **des réponses collectives à des enjeux systémiques**, comme l'illustre ce responsable de R&D dans une grande entreprise :

À travers les consortiums de recherche, on peut essayer de comprendre les enjeux globaux liés à l'avion. Par exemple, dans le bruit que fait un avion, le moteur, cela représente 10% du bruit ou 90% ? Cela nous permettrait de savoir sur quoi travailler en priorité. Jusqu'au début des années 2000, ce n'était pratiquement que les moteurs. Mais, aujourd'hui ? Si le moteur fait moins de bruit que le train d'atterrissage, ça ne sert à rien de continuer à diminuer le bruit du moteur, on ferait peut-être mieux d'améliorer sa consommation. Peut-être qu'un assembleur a ces données. À ma connaissance, on n'a pas ces informations. Mais dans le cadre d'un consortium de recherche, cela nous permet de collaborer sur des enjeux comme ça (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Enfin, il y a un **effet d'envergure** comme dernier effet de bord. Le fait que l'industrie se regroupe pour travailler ensemble augmente sa visibilité et les positions qu'elle prend comme industrie, lui permettant d'aller chercher plus d'argent ensemble que chaque entreprise prise séparément.

Même si elles demeurent réduites et circonscrites, les critiques sur le mécanisme de financement existent de la part d'acteurs. Il favoriserait trop les grosses entreprises au détriment des plus petites et des universités. Ces dernières sont réunies par l'industrie sans

“collectif universitaire”, c’est de « petites bourses pour les universités, du saupoudrage de partout. Ne pourrait-on pas créer des groupes, qui sont subventionnés, plutôt que l’entreprise qui paie, avec plusieurs intervenants ? » (Cadre intermédiaire, Maître d’œuvre) Par ailleurs, l’industrie utilise les fonds disponibles pour orienter la recherche universitaire selon ses attentes, et en tirer un profit privé.

Ils en ont profité quand même pour faire leur développement propre... Après, ça va être quoi le transfert net entre partenaires de SA2GE ? Je ne pense pas qu’il va y en avoir. [...] Il n’y a pas toujours de mécanismes de transferts. À la rigueur CRIAQ est quand même un bon modèle pour ça parce qu’il y a des projets avec 5, 6 partenaires, et c’est le même projet. Tandis que SA2GE et GARDN sont quand même basés sur un besoin propre d’une entreprise et t’as ta liste d’épicerie et t’es subventionné pour ça (Cadre intermédiaire, Maître d’œuvre).

Malgré cela, les acteurs critiques reconnaissent les effets bénéfiques. Pour le même acteur que la dernière citation, même si les consortiums sont améliorables, « ça reste mobilisateur » (Cadre intermédiaire, Maître d’œuvre).

b) Une R&D à plus long terme portant sur des aspects fondamentaux

Le deuxième ensemble de conséquences des consortiums de recherche sur le système de R&D de l’industrie, c’est qu’ils permettent d’effectuer des financements pour des recherches et du développement à plus ou moins long terme, comme l’illustre ce responsable du système de R&D d’une entreprise :

Maintenant au Québec, on a la possibilité de se retrouver dans des projets de recherche qui peuvent être très pointus, plus ou moins fondamentaux — on peut dire fondamentaux — comme avec le CRIAQ par exemple. C’est des projets où l’université travaille dessus, mais à notre demande. Ça, c’est notre partie d’aller développer des choses qui sont fondamentales, on sait que ça va nous servir un jour, mais l’application n’est pas directe aujourd’hui (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Cette R&D plus fondamentale peut amener à développer des technologies qui n’auraient pas trouvé de financement, car semblant des voies trop exotiques ou sans issues, mais la baisse de leur coût de développement grâce à l’effet de levier permet des avancées inattendues, comme l’illustre cet échange avec un responsable de la R&D.

On voit dans le CRIAQ des projets qui sont assez « farfelus », c’est des technologies qui ont des chances d’échecs assez élevés, on prend des projets comme ça sans trop d’espoir. Il y a

aussi d'autres projets plus concrets, il y a un vaste éventail de projets. Donc c'est des choses importantes dans la majorité des cas, mais pas critiques pour la survie de notre *business*.

Interviewer : Est-ce que vous auriez mené ces recherches avec les chances élevées d'échec si cela avait été en dehors du CRIAQ ?

Non.

Interviewer : Donc si ça va de l'avant, si vous réussissez malgré tout à trouver quelque chose d'intéressant...

Des fois il y a de très bonnes idées qui sont sorties, c'est des fois des pistes de réflexion qui... dans le fond il faudrait vraiment plus investir dans notre futur.

Interviewer : Cela a donc un impact réel, vous n'auriez pas financé ces recherches. Peut-on dire que cela diminue le risque financier, et ouvre des voies que vous n'auriez pas explorées qui peuvent mener à de nouvelles avenues technologiques potentielles ?

Absolument ! Absolument. (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

À travers l'effet de levier, la présence des consortiums de recherche permet de modifier l'équilibre interne aux entreprises dans l'allocation des projets prioritaires au sein du système de R&D, modifiant la trajectoire de l'innovation et du développement des connaissances.

Le fait qu'il y ait des consortiums de recherche nous a permis en interne de justifier des projets qui n'auraient probablement pas été retenus. Principalement pour des raisons de diminution des coûts. Avec le même budget de recherche, ça nous permet d'en faire plus, et de monter dans le classement coût/avantage (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

c) Le consortium de recherche : un catalyseur de nouvelles connaissances

À travers leur financement et les recherches initiées, les consortiums de recherche permettent de développer de nouvelles connaissances menant à des produits. Ainsi, cet acteur appartenant à un consortium de recherche donnant cet exemple :

[Par exemple] le C-Series [...] toutes ces idées nouvelles, on ne peut pas dire que c'est le CRIAQ qui les a créées, mais ça a été discuté à l'intérieur de projets du CRIAQ. Il y a beaucoup de travaux de R&D qui sont faits à l'intérieur des entreprises, qui sont ultras secrets, mais beaucoup de travaux en périphérie viennent de projets CRIAQ (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Ce point de vue est validé par les acteurs d'entreprises, pour qui les consortiums permettent de travailler sur des connaissances et des enjeux nouveaux

Quand on travaille avec des partenaires externes, à travers des organismes comme GARDN, SA2GE, on travaille sur des projets sur lesquels sinon on n'aurait pas nécessairement travaillé. [...] Dans certains cas, cela nous a permis de développer de nouvelles connaissances et compétences que nous n'avions pas (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Aujourd'hui la participation à ces consortiums permet d'accélérer les savoirs liés à l'avion vert, comme l'énonce ce responsable de la R&D :

On contribue à la réalisation de l'avion vert à travers notre participation au programme SA2GE. C'est quelque chose dont nous sommes particulièrement contents, avec tout ce qui est en rapport avec les sujets environnementaux ... (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

L'effet de la baisse des coûts de R&D peut aller jusqu'à susciter la création de groupe de recherche en entreprise. En diminuant le risque, et grâce à l'écosystème d'innovation, certaines entreprises peuvent changer leur système de R&D, en décidant d'investir dans celui-ci.

Je ne mentirais pas en disant que SA2GE a été le déclencheur de la création de notre groupe, du groupe R&D. [Notre entreprise] commence à penser à une stratégie R&D vraiment, à se dire « tiens les risques sont amoindris parce que le gouvernement nous finance à 47% » et ça c'est très important. C'est toujours des comptables qui dirigent les compagnies. [...] et puis c'est important pour eux de voir qu'ils ne vont pas investir, mettre tout leur argent sur des choses que « ça peut marcher comme ça peut ne pas marcher ». Quand ils savent que c'est juste une partie, c'est beaucoup plus encourageant pour eux. Ça diminue le risque. À notre grand bonheur d'ailleurs (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

d) Le consortium de recherche : un acteur clé dans le changement de culture de collaboration

La dernière conséquence remarquable des consortiums de recherche est l'effet qu'ils produisent sur la culture liée à la collaboration.

En fait c'est assez particulier, parce qu'il y avait au début beaucoup de scepticisme. D'abord les industries ne se parlaient pas et on a réussi à les mettre ensemble pour qu'elles puissent collaborer. Deuxièmement les universités ne nous faisaient pas confiance, les industries ne faisaient pas confiance aux universités (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

La présence de consortiums, notamment le CRIAQ — puisque les autres consortiums sont beaucoup plus récents — a permis de changer la dynamique de la collaboration dans l'industrie.

Ce qu'a réussi à faire le CRIAQ c'est d'essayer de remonter tout ce monde-là tranquillement, moi j'appelle ça une dentelle, une couture à la fois. Tranquillement, on a créé un climat de

confiance et on a lancé les 13 premiers projets avec un financement uniquement CRIAQ-industries (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Aujourd'hui, les acteurs de l'industrie se parlent, ce qui n'était pas le cas il y a une dizaine d'années. « Juste le fait qu'il y ait un conseil d'administration qui pilote l'industrie, les gens se rencontrent pour parler recherche. C'est quelque chose qu'on n'aurait pas vu avant » (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche). La collaboration va toutefois plus loin que les discussions lors des conseils d'administration, avec des travaux communs, dans une optique d'avancer comme entreprise et comme grappe.

Pour eux ce n'est pas un esprit de compétition, un esprit sournois d'essayer de voir c'est quoi les stratégies de recherche de l'autre. C'est vraiment plus une collaboration sur « qu'est que je peux compléter dans ta partie, qu'est-ce que je peux apporter au projet » (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche).

Cette nouvelle culture de la collaboration touche tant les relations université-industrie ou centre de recherche-industrie que les relations intra-industrielles, comme l'exprime ce responsable d'un centre de recherche :

On a une maturation du concept de l'avion SA2GE, et du CRIAQ, des trucs comme ça où la collaboration va s'étendre à un degré encore plus fort avec les entreprises. Avec ça, je pense que les entreprises voient les bénéfices de la collaboration (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Plusieurs acteurs parlent de nouvelles façons de travailler rendues possibles à travers les consortiums de recherche.

Peut-être que dans l'importance de toute la structure qui est envisagée par l'industrie aéronautique, le plus remarquable est dans la nouvelle façon de travailler, un nouveau type de financement, une nouvelle façon de travailler ensemble, finalement de faire les choses (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Les changements initiés depuis l'apparition du CRIAQ sont toujours en cours, montant petit à petit vers des collaborations plus intenses, et à des niveaux de maturation technologique plus proche du marché.

Quelque chose comme ça n'aurait pas été possible avant le CRIAQ. Le CRIAQ a créé une révolution, ça a été comme un point majeur. Maintenant, on prend ça pour acquis, c'est comme normal, et ces entreprises-là ont des années d'habitude de travailler ensemble dans des projets collaboratifs du type CRIAQ. Mais, ce qu'elles font, c'est qu'elles amènent ça à un autre niveau. Un autre niveau de TRL, un autre niveau de financement. Ce n'est pas du tout, du tout les mêmes sommes (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Si le CRIAQ est l'initiateur, le SA2GE permet un autre type de collaboration en rendant l'information plus fermée vis-à-vis de l'extérieur, pour se concentrer sur la relation au sein de la collaboration à des niveaux de développement technologique beaucoup plus proches du marché.

CRIAQ a été comme une petite révolution, mais je pense que SA2GE aussi c'est une petite révolution. C'est complètement différent, je pense que c'est la première fois que l'on fait quelque chose comme ça, mais dans l'esprit CRIAQ : créer une nouvelle façon de faire certains types de projets. Je pense que SA2GE est en train de bâtir de nouvelles fondations pour une nouvelle façon de travailler. Cela n'a rien à voir avec CRIAQ, c'est d'autres types de technologies, d'autres types de collaborations, c'est beaucoup beaucoup plus fermé, c'est très fermé. Il y a énormément d'indépendance qui est accordée à chaque entreprise, mais en même temps ça ne se faisait pas du tout avant (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Les collaborations vont souvent plus loin que ce qui était prévu à l'origine. « Elles ont fait un très grand chemin en deux ans, parce que collaborer avec les PME et centres de recherche... Oui les entreprises pensaient faire le minimum requis, mais effectivement ça explose » (Cadre supérieur, Consortium de recherche). Pour certains acteurs, il y a un vrai changement dans la perception de la collaboration, passant d'un point de passage obligé à un atout : « C'est en train de changer la perception de tout ça. Qu'un mal nécessaire est peut-être au contraire ... plutôt que d'être un mal nécessaire c'est peut-être un avantage » (Cadre supérieur, Consortium de recherche). Ainsi, dans le cadre du programme SA2GE, les collaborations entre grandes entreprises et PME, imposées par le gouvernement à hauteur de 5% sont près de 6 fois supérieures. La section 7.4.3 explore plus avant cette culture de la collaboration. Pour conclure cette section, portant sur les consortiums de recherche, on propose le schéma de synthèse présent sur la Figure 7.9, reprenant les différents rôles et conséquences des consortiums de recherche au sein de l'industrie.

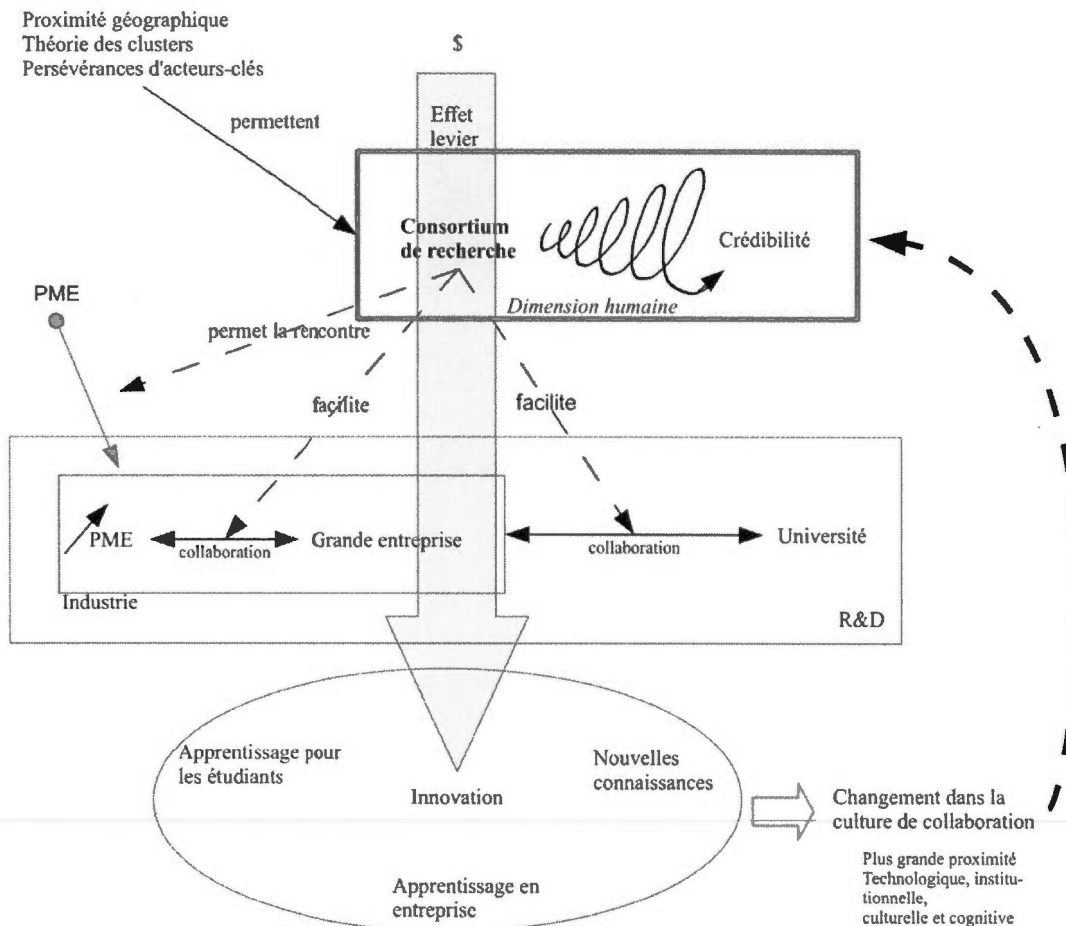


Figure 7.9 - Synthèse des rôles du consortium dans l'industrie

7.4.3. Vers une culture de la collaboration ?

On l'a vu dans la section précédente, la structure de l'industrie, à travers la proximité des acteurs et la présence de consortiums de recherche, a des impacts sur la culture de collaboration⁴³. Cette section traite dans un premier temps du changement de culture en cours, dans un deuxième temps des avantages perçus de la collaboration, dans un troisième temps d'une conception de la connaissance basée sur le réseau plutôt que sur le pouvoir, dans

⁴³ Pour Schein (1984), la culture organisationnelle relève de trois dimensions : les artefacts et création, les valeurs et les postulats fondamentaux. La culture s'apparente aux valeurs, que l'on peut distinguer entre valeurs déclarées (par exemple, une charte dans l'entreprise) et les valeurs opérantes qui relèvent de l'action. Ces dernières modèlent les décisions et les modes de fonctionnement. Le terme de culture dans cette section relève de ces valeurs opérantes.

un quatrième temps des enjeux et pratiques autour de la propriété intellectuelle et dans un dernier temps de la création d'une vision technologique unifiée.

7.4.3.1. Un changement de culture

Comme cela a été présenté dans la section 7.4.2.2.3.d, la culture de la collaboration a été modifiée au cours des dernières années. « Au niveau de la culture de la collaboration, ça a été un changement, mais qui a été super positif. Maintenant une fois que c'est fait, là il s'agit de continuer dans cette voie-là » (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche). Qu'entendent les acteurs par une culture plus collaborative ? Cet acteur d'un consortium de recherche l'illustre à travers une plus grande ouverture à dialoguer entre entreprises, avec un niveau de confidentialité amoindri.

Ne serait-ce qu'au niveau des échanges, les entreprises sont beaucoup plus ouvertes qu'avant à échanger entre elles de l'information. Auparavant peut-être qu'elles auraient considérées ça comme confidentiel par exemple les idées de projets CRIAQ qu'on présente lors du forum, c'est un bon exemple. Il n'y a personne qui signe d'entente de confidentialité avant ou pendant le forum. [...] Je ne suis pas certain qu'il y a 10 ans les entreprises auraient été ouvertes à ça. C'est un peu une divulgation de ce sur quoi elles vont travailler dans les 10-15 prochaines années, ça peut être une indication de la direction dans laquelle elles vont. Mais elles sont assez à l'aise pour en parler ouvertement, ce qui fait que ça génère des idées ailleurs au lieu de garder ça fermé, chacun expose ses besoins de recherche sans qu'il n'y ait d'esprit de compétition (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche).

Ce type d'ouverture et de partage d'information a ouvert la voie à la collaboration également en dehors des consortiums, que ce soit dans le cas de relations industrie-université ou industrie-industrie.

Au niveau du consortium, on a vraiment cette culture qui est propre, mais qui permet l'échange d'informations et la naissance de projets hors du consortium. Ça permet des projets en son sein, mais **je sens qu'il y a plein de projets de recherche qui sont faits par les entreprises auprès des centres de recherche ou des universités au niveau des collaborations interentreprises sur des thèmes auxquels ils n'auraient pas pensé.** [...] Peut-être pas, on ne le voit pas tout de suite, mais plus tard on va voir les bénéfices de ça, parce qu'il y a ces discussions-là qu'il n'y avait peut-être pas avant (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche).

Ce changement de culture est vraiment fondamental et a des impacts profonds. Afin d'illustrer les changements et impacts en terme de stratégie et d'organisation que peuvent

avoir la question de la collaboration, on reprend les propos de ce responsable de la R&D dans une grande entreprise, décrivant ce changement de culture dans l'Encadré 7.2.

Encadré 7.2 - Exemple d'un changement de stratégie se basant sur la collaboration nécessitant un changement de culture

[Notre entreprise] traditionnellement a tendance à tout faire seule, donc mécanique, électronique, production, logiciel. On a une culture de « on fait tout tout seuls ». On arrive alors dans un monde où on essaie d'avancer plus haut dans la chaîne alimentaire [...] et on réalise qu'on ne peut pas tout faire tout seul. Donc tout l'aspect client-fournisseur, quand on vend par exemple un [produit X] pour une flotte quelconque et qu'on ne fournit pas tous les équipements, il y a des [sous produits Y, Z] qu'on doit acheter. On essaie donc de mettre en place des relations de fournisseurs-clients, c'est assez standard : N [sous-produits Y] à tel prix, telle compagnie, et ils nous fournissent pour au moins 15 ans. Aujourd'hui on est rendu là : soit on le fait seul, soit on l'achète, dans ce modèle-là.

Mais là où on veut aller, c'est qu'on veut inciter des compagnies à développer des technologies pour nous, avec leur propre argent, en leur promettant un accès à notre marché, et au monde extérieur. Par exemple si on a besoin d'une technologie, que je vais juste qualifier de non critique. Les technologies qui vont nous différencier, les *IP-core*⁴⁴, on les garde à l'interne, mais si c'est quelque chose, comme un [sous-produit Z] quelconque dont on a besoin, qui n'est pas considéré *core-IP*, plutôt que de payer une compagnie pour développer quelque chose et conserver l'*IP* parce qu'on l'a payé, on essaie d'assister une compagnie, qui peut-être à dans son *roadmap*, sa vision, le désir de développer cette technologie, mais peut-être seulement dans 3-4 ans, peut-être qu'ils n'ont pas l'argent tout de suite. Nous ce qu'on peut faire, c'est essayer de les influencer pour développer cette technologie avec leur argent, et nous, on intègre cette technologie, et on leur permet de la vendre à qui ils veulent. Donc on essaie de baisser nos coûts de production, nos coûts de développement. **C'est le modèle vers lequel on tend : développer**

⁴⁴ « le coeur de la propriété intellectuelle »

des partenaires stratégiques pour faire du codéveloppement dans des aspects non *IP-critical*⁴⁵, et on prend la décision consciente de dire que les produits qu'ils développent, ils ont le droit de les vendre même à nos concurrents. Parce qu'on pense que c'est l'intégration de nos produits, et non pas la technologie de base qui fait notre différenciation. C'est ça le modèle vers lequel on tend [...] Ça avance bien, mais c'est sûr que c'est moins évident, parce que là, on parle de qui conserve l'*IP*, qui met l'argent. Ils veulent certaines garanties, ne pas se lancer dans un trou noir, et nous, on ne veut pas investir et dans trois ans, que ça ne les tente plus... Il y a beaucoup d'aspects pour savoir comment le produit va évoluer. Si c'était juste une entente de collaboration sur un an et faire une démo, ça serait facile. Mais il ne faut pas voir le cas où on a une relation d'affaires, nous on va vraiment être dépendants d'eux pour cette technologie, donc il faut voir comment ça va évoluer. Et on veut pouvoir aussi les influencer un peu, pas qu'ils développent tel élément et que ça ne corresponde plus à nos besoins. Tous ces aspects, il faut les considérer à l'avance, mettre des ententes en place qui prouvent ça. Et c'est ça qui est très difficile, prévoir pas juste le développement, mais la mise en production. Plus les aspects de confiance, et je dirais même que c'est un peu un *challenge* face à nos origines, de tout faire tout seul et d'acheter, d'être le boss. Là c'est une relation de codéveloppement. Des fois c'est de la recherche aussi, on ne peut pas tout prévoir : *we learn as we go* comme on dit, c'est un *challenge* pour tout le monde puisqu'on n'est pas habitués. C'est un changement de culture organisationnelle (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

En ce sens, on peut parler d'innovation ouverte, à l'instar des acteurs qui ont repris ce concept. Ce mode d'organisation amène des connaissances nouvelles de par son cheminement même.

On fait de l'innovation ouverte, on développe notre pièce, mais on est obligé de toucher à un paquet de domaines, de faire un paquet d'évaluations qui vont nous apporter plein de connaissances additionnelles. Au bout du compte on va créer un foisonnement, parce qu'on développe cette pièce-là, puis on se rend compte qu'il y a une interaction avec une autre pièce qui va rejoindre le même point et qui va avoir un impact (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

⁴⁵ « Critiques en terme de propriété intellectuelle »

Il est intéressant de noter que même si des planifications sont réalisées, le chemin suivi demeure imprévu par l'apparition de connaissances au fur et à mesure du projet, la découverte de l'autre et les savoirs cogénérés, comme le note ce responsable de consortium : « Je crois qu'à la fin d'un projet comme [le notre], on va avoir généré des connaissances beaucoup plus larges, mais beaucoup plus interreliées, comme en foisonnement » (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Cette volonté de renforcer le poids des entreprises, maintenant qu'elles acceptent la collaboration, se vérifie avec l'organisation du SA2GE, différente de celle du CRIAQ. Alors qu'avec le CRIAQ, les universités sont au coeur du projet, avec SA2GE, c'est l'industrie qui gère les projets et la collaboration, comme l'explique ce responsable de R&D :

Avec le programme d'avion vert, soutenu par le gouvernement du Québec — c'est la première fois que le gouvernement soutient des projets de collaboration technologique dans l'industrie, et non dans les universités. Là, il y a une réalisation du fait que l'innovation et la commercialisation n'arrivent pas simplement à la fin d'un projet universitaire. Il y a des choses qui doivent se faire dans l'industrie pour que des choses soient transformées en produits commerciaux (Cadre supérieur, Maître d'œuvre).

Les universités ne sont pas exclues de ces collaborations. En fait, on observe une « industrialisation » de la culture universitaire, rendant la collaboration plus simple, comme l'illustre ce responsable de projet dans un groupe universitaire :

On a un bon historique de collaboration avec l'externe. On est vraiment tourné vers l'industrie comme groupe de recherche, avec une belle expertise dans ce domaine. On travaille rarement tout seul. Nos recherches se font toujours avec des partenaires industriels, on est donc très collés sur l'industrie, même s'il y a de la recherche que l'on pourrait qualifier de fondamentale sur les impacts environnementaux (Cadre intermédiaire, Université/Centre de recherche).

En changeant cette culture universitaire, on facilite la collaboration et une forme de discussion dialectique créatrice de savoirs.

Il y a du bon et du mauvais [dans les interactions entre industrie et université]. Un universitaire, des fois, dans un processus créatif, je pense que c'est bien qu'on le laisse. Mais des fois, c'est bien aussi d'avoir un transfert, le but de l'université c'est de faire du transfert. Donc si tu veux transférer il faut que tu aies un preneur. C'est dommage, mais il faut que la personne s'approprie le sujet. Et pour ça, il faut qu'elle soit là depuis le début, que ce soit son bébé. Comment gérer ce processus ? C'est comme un enfant, quand il est petit tu le laisses, il explore, il tombe, se fait mal, mais il a besoin de le faire. Après ça, il faut être capable de lui montrer, te retirer, puis lui montrer... te retirer. Je vois ça un peu comme ça : l'université a besoin de l'entreprise et l'entreprise a besoin de la créativité des chercheurs dans un processus

complet d'innovation visant à arriver à un produit. Mais comment cela se fait, je ne pense pas qu'il y ait de réponses encore. Il y a des réussites, on peut se baser sur des modèles qui ont réussi, mais je ne pense pas qu'il y ait quelque chose encore (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Les mécanismes institutionnels propres à l'université ne se sont pas encore tous adaptés, et peuvent parfois créer des complications importantes. Par exemple, les critères d'évaluation des professeurs, basés sur leurs publications, peuvent poser des problèmes lors de collaborations à cause de la diffusion publique d'informations associées.

Il faut changer les critères d'évaluation des professeurs d'université aussi. Dans le sens où — du moins en génie — si le but est exclusivement de publier... Le transfert de connaissances peut se faire de plusieurs façons, mais souvent il n'y a pas beaucoup d'entreprises qui veulent que tout soit public. C'est quoi l'intérêt d'un professeur ? D'aider la communauté industrielle ? Si son critère à lui c'est le nombre de publications ? C'est d'avoir un *mix* (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Toutefois, comme le reconnaissent plusieurs acteurs, de l'industrie et de l'université, si cette dialectique est bénéfique, il y a un risque d'aliénation de l'université à se mettre au service de l'industrie, qui sera discuté dans le chapitre 8.

7.4.3.2. Les avantages perçus de la collaboration

Ce changement de culture pour la collaboration au sein du système de R&D donne lieu à un intérêt accru pour la recherche collaborative, comme l'illustre cet acteur, responsable de la R&D dans une PME :

Évidemment, ce qui aide beaucoup là-dedans, c'est qu'on crée des liens, on développe des connaissances, on peut faire des projets de démonstrations, et on apprend avec qui on travaille. Et ce qui est bien, c'est qu'on peut connaître des ressources, des étudiants, des candidats dans ce mode de travail avec qui on peut établir un lien, on veut en embaucher certains (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Les acteurs perçoivent plusieurs catégories d'avantages liés à la collaboration : en terme d'innovation et de connaissances, de réduction des risques, de stratégie, de gestion du personnel, de gestion des connaissances. Quelques critiques y sont également associées.

a) Innovation et gestion des connaissances

Le premier type d'avantage est relié à l'innovation, notamment environnementale. Il faut « avoir la technologie et l'innovation comme culture. C'est donc normal que [notre entreprise] soit forte là-dedans, [...] au point de vue collaboration » (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche). La collaboration est perçue comme permettant d'accélérer le rythme de l'innovation.

Il y a des entreprises qui veulent aller plus vite. Je pense surtout à [telle entreprise], dans leur cas, la question de temps est très très importante ... Il y en a qui croient que ça peut permettre d'aller plus vite aussi de collaborer plus avec les PME participantes (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

La collaboration est importante parce que pour certaines innovations, les technologies forment des systèmes qu'il est nécessaire de concevoir ensemble, ce qui est souvent le cas avec les avancées concernant l'avion vert (cf. chapitre 6), comme dans ce cas :

Par exemple le train d'atterrissage sur un avion, le bruit c'est lui. En l'occurrence, il n'est pas fait par l'avionneur, il est fait par un équipementier qui est spécialisé. Donc il faut que ces deux-là se parlent parce que le bruit dépend de la carlingue de l'avion, c'est comme un tout, donc si je peux faire des modifications sur le train qui va avoir un impact sur l'aérodynamisme de l'avion, je peux réduire mon bruit tellement qu'il n'y a plus de *drag* et finalement il n'y a plus la même retenue pour atterrir. Donc il y a des interactions de ce point de vue là. Et c'est là que les projets mobilisateurs deviennent importants. Parce que si tu changes le carburant ça va avoir un impact sur l'avion, son stockage, **ce n'est pas juste au niveau du produit, mais du système** (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Cette collaboration se fait souvent en ligne avec les attentes de la direction en matière de R&D sur l'avion vert afin d'accélérer les recherches.

[Les partenariats de recherche], ça c'est une fois qu'« en haut », ils ont dit qu'on travaille là-dessus. [...] Si t'es rendu à pouvoir échanger avec des universités sur des gaz plus propres, réductions acoustiques, c'est que tu as déjà quelqu'un qui en a parlé dans un *executive meeting* parce telle norme va arriver en 2020 et qu'on n'est pas près (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Cela permet également de recourir à un point de vue externe susceptible de nourrir l'innovation, notamment en posant un regard différent et en disposant de connaissances différentes.

Du point de vue recherche, nous n'avons pas une armée de scientifiques dans l'entreprise. Nous avons des ingénieurs appliqués, et donc pour la gestion des connaissances, on travaille

avec des universités, avec des centres de recherche, afin de nourrir, d'alimenter notre cycle d'innovation (Cadre supérieur, Maître d'œuvre).

En effet, la collaboration est vue comme élément de transfert et de création de connaissances.

Dès que tu rentres dans la dimension de la collaboration, tu favorises forcément la gestion et le transfert des connaissances. Je ne vois pas comment tu peux nuire au transfert ou à la gestion des connaissances quand tu es sur une démarche de collaboration au contraire, tu ne peux que contribuer à ça. Donc je pense que la collaboration est un facteur évident de documentation du niveau de transfert de connaissances (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Cela peut jouer dans le choix de l'entreprise avec laquelle collaborer afin de tirer le maximum d'apprentissage de la relation. Généralement, l'apprentissage est bidirectionnel, chaque partie de la collaboration retirant des gains de celle-ci. Cela peut être des connaissances différentes, par exemple une entreprise enrichissant son savoir technologique, l'autre sa connaissance du marché.

On essaie de faire affaire avec des compagnies qui sont des *best over bride*, donc des compagnies qui sont très fortes dans ce qu'elles font. On n'a pas forcément l'expertise en interne pour le faire, donc on apprend beaucoup. Au niveau transfert de connaissances, on apprend beaucoup des partenaires sur les technologies et eux vont apprendre sur le *end-user*, comment est-ce que ça va être utilisé, dans quelles contraintes [...] souvent très critiques. [Nos partenaires] ne sont pas nécessairement conscients de ces contraintes et comment ça va être utilisé en bout de ligne. Donc eux ils en apprennent beaucoup sur le marché, ça leur permet de se positionner un peu mieux (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Ainsi, le fait de collaborer permet de disposer de connaissances spécifiques supplémentaires dans le cadre d'un projet de recherche, comme le présente ce responsable du système de R&D en entreprise : « Ce qu'on fait, on développe avec la ou les entités de recherche pour s'assurer que les spécialités que nous n'avons pas sont comblées par ces gens-là et puis que le lien se fasse avec les industriels » (Cadre intermédiaire, Sous-traitant). Cet apport en connaissances est également perçu de la même manière par les universités et centres de recherche comme enrichissement en terme de savoir.

Dans l'industrie aéronautique avec laquelle on fait affaire, il y a un intérêt des joueurs d'aller de l'avant. Ils ont besoin des outils, de conseil. Et donc nous c'est le rôle qu'on apporte et je pense qu'ils ont un intérêt à travailler avec nous (Cadre intermédiaire, Université/Centre de recherche).

Cette recherche de connaissances externes est souvent pratiquée, notamment dans le cas de connaissances environnementales, comme dans cet exemple :

Il y a des secteurs qui sont complètement nouveaux pour nous dans lesquels on embarque et puis on n'a pas de connaissances. Il faut aller la chercher à l'extérieur et là on essaie de faire des partenariats avec des universitaires qui eux ont beaucoup d'expertise là-dessus. Également avec des partenaires qui ne sont pas universitaires qui ont beaucoup travaillé dans le secteur. Là, on choisit au niveau de nos partenariats ceux qui ont le plus de connaissances ou d'expertise dans le domaine pour nous enrichir parce qu'on sait qu'on ne l'a pas à l'interne (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

La perception des maîtres d'œuvre par des personnes de l'extérieur est que ces entreprises n'ont pas ce type de problèmes de manque de connaissances, car étant plus grandes, elles ont plus de personnel. « Je pense que ça s'applique à des [PME ou intégrateurs] parce que les quatre autres sont ... Non je n'applique pas ce raisonnement là, parce qu'elles sont très très grandes » (Cadre supérieur, Consortium de recherche). Pourtant — plusieurs acteurs travaillant dans ces entreprises l'ont confirmé — à l'intérieur de ces organisations, la perception est différente, et il est également nécessaire de chercher des connaissances provenant de l'extérieur et dont ces entreprises ne disposent pas.

Ce qui demeure important, c'est de maintenir une relation d'ordre collaborative, de maintenir des interactions, et non de déléguer — ou sous-traiter — le travail pour l'utiliser par la suite, car il ne sera plus absorbable et donc inutilisable comme l'exprime ce responsable de R&D dans une entreprise :

Un des risques consiste à faire faire le travail par des universitaires et d'obtenir un rapport et de dire « merci beaucoup », puis de passer ça en revue et de le mettre dans un classeur. Quand on a des ingénieurs d'ici qui sont impliqués directement dans le processus d'apprentissage, alors on a une bonne expérience d'apprentissage. Si tout se passe dans l'institution universitaire, qu'ils font tout le travail, et que nous n'avons personne d'impliqué dans celui-ci, il y a un risque avec le résultat. Ce serait un peu comme de manger le petit déjeuner, le déjeuner et le dîner tout à la fois. On ne peut pas absorber la connaissance produite par d'autres comme ça (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

b) Réduction des risques

L'un des premiers avantages perçus par les entreprises est la réduction des risques. « L'orientation prise par l'entreprise, c'est une orientation qui sert à réduire le risque en travaillant ensemble dans divers partenariats » (Cadre intermédiaire, Sous-traitant). On peut voir trois types de risque réduits : financiers, technologiques, industriels.

De par sa taille, le Québec et le Canada doivent être plus efficaces dans leurs programmes de recherche, mieux collaborer afin de survivre à la concurrence étrangère.

C'est un peu aussi la culture de « t'as pas le choix de fonctionner comme ça sinon t'es rien ». Quand t'es en Europe t'as pas forcément cette mentalité-là, parce que tu as les moyens d'être gros. On prend juste *Clean Sky* qui a 1.7 milliard €.... c'est même inimaginable d'avoir des sommes semblables. Et quand t'as 1.7 milliard €, tu ne sens pas forcément la volonté de devoir créer le plus beau projet qui va arriver à capter l'argent parce que tu en as tellement d'argent ! T'as des projets qui captent l'argent. La dynamique n'est pas pareille, elle n'est pas du tout pareille, de façon beaucoup plus bureaucratique par la nature des choses (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

De ce point de vue, la collaboration permet à chacun des acteurs de partager le coût et le risque associé.

Les entreprises aujourd'hui savent qu'elles ne peuvent plus faire des projets toutes seules. La collaboration est une nécessité, pas juste un *nice to have*, mais il faut que ça soit le cas pour le partage de risque, pour le partage des connaissances (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Les entreprises auraient donc de moins en moins le choix. Certaines ne vont pas dans cette direction, mais sont de moins en moins nombreuses, car il s'agit d'**une transformation de l'écosystème d'affaires**.

Ils n'ont pas le choix, ils doivent collaborer, même les compagnies qui étaient sur la ligne commencent... Dans [tel consortium] on n'avait qu'une PME, maintenant on en a peut-être une vingtaine qui sont impliquées. Avec la grappe aérospatiale de Montréal, ça aussi, ça a aidé beaucoup pour avoir des discussions (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

De ce point de vue, les fonds gouvernementaux investis, notamment à travers les consortiums de recherche, permettent de diminuer ce risque financier, en partageant le coût avec d'autres partenaires, mais également avec le/les gouvernement(s). Cette réduction de risque va même jusqu'à permettre à certaines entreprises qui ne faisaient pas ou que peu de R&D de créer leur propre système de R&D, à travers l'opportunité de financement.

Avant, il n'y avait pas de département R&D. La vision de la R&D, c'est en utilisant [cet argent provenant en partie des gouvernements]. Ils ont appliqué là-dessus en voyant l'opportunité d'aller chercher des sous pour faire de la R&D. Il y avait la dimension verte : il va y avoir des réglementations plus sévères, donc... ok (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Le risque technologique consiste à prendre une mauvaise orientation technologique. Le fait de collaborer entre plusieurs entreprises diminue les chances de se tromper, et augmente la force de la technologie, puisque plusieurs acteurs y sont associés.

Dans un projet collaboratif, il y a de l'expertise. Donc parmi les 4 joueurs, on peut s'entendre sur 4 expertises distinctes. Donc l'expertise B n'ira pas remettre en cause l'expertise A. Au contraire les expertises A B C D ont besoin d'être ensemble pour créer un produit E, ou le prototype E, ou la recherche E ou le concept, bon. Donc l'idée c'est que pour créer E, si D est seul ça ne marche pas, ou il doit créer A B C. Donc on n'a comme pas le choix. La vision verte est intrinsèque dans ce travail-là. Ce n'est pas quelque chose qui est dirigé, c'est un résultat (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Il en va ainsi des technologies vertes, où la collaboration permet de renforcer la technologie utilisée, dont celles-ci mises ensemble renforcent la cohérence du tout.

L'industrie aéronautique canadienne dans sa globalité doit promouvoir la dimension verte. [...] Ça se fait sur des projets, parce que tu as besoin de partenaires pour tes progrès technologiques et tu récupères tout ça, tu en fais une image globale industrielle verte canadienne (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Le risque industriel, présent pour les petits acteurs, est de développer des technologies ou des produits qui resteront invisibles aux yeux des grands acteurs qui ne connaissent pas leur produit, ni les compétences et caractéristiques de ces équipes et produits qui pourraient pourtant les intéresser. À travers la collaboration, cela permet de mieux connaître les besoins de ses clients et faire en sorte que ces derniers connaissent mieux l'entreprise qui les fournit. Ainsi, ce responsable R&D d'une PME précise à propos des grandes entreprises : « eux, ils ont l'occasion de travailler avec nous et ils nous connaissent mieux, l'environnement le climat, ils connaissent mieux la boîte et à un moment donné, ils peuvent faire leur choix aussi. Donc c'est très bon à ce niveau » (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

c) La collaboration comme vision stratégique

La collaboration autour de l'avion vert tient également un rôle important dans cette conception, comme catalyseur, ou fédérateur autour d'un projet fédérateur. « La vision en fait, c'est une vision de partenariat avec d'autres industriels pour offrir des services de réduction de risques dans le contexte de développement d'avion vert, d'avions du futur, de systèmes embarqués » (Cadre intermédiaire, Sous-traitant). Plusieurs compagnies de taille

petite ou moyenne travaillent ensemble au développement de solutions de services complémentaires afin d'offrir une offre plus séduisante et pour un client potentiel.

Au Québec, il y a de très grosses compagnies — quelques-unes — et il y en a de petites — beaucoup. Parmi ces 200 et quelques petites PME, il y en a 5-6 qui sont complémentaires à ce que nous faisons dans des niches très spécifiques. Alors on travaille à bâtir ensemble une espèce de réseau. On va être capable d'offrir ce que souvent un intégrateur européen pourrait offrir (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Ainsi, en développant sur les connaissances complémentaires, l'objectif visé est de développer de nouvelles gammes de service / produit qu'aucune des entreprises n'aurait été capable de développer seule, afin de toucher de nouveaux marchés.

Pourquoi on travaille ensemble ? Parce qu'on veut une situation gagnante pour les 2. Alors pourquoi travailler ensemble, pourquoi je ne travaillerais pas moi tout seul ? Je n'aurai pas de troubles. Mais non finalement c'est parce que toi tu es un spécialiste dans les télécoms et moi je suis spécialiste dans les sièges. Si on veut faire un siège qui fait de la télécom, on va travailler ensemble. L'idée c'est de compléter les connaissances et les compétences en se signifiant ponctuellement pour un projet (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

d) Gestion du personnel

La collaboration a également des avantages en matière de gestion du personnel. Tout d'abord, elle permet de lutter contre le manque de personnel en interne.

Il y a plusieurs choses qui tirent dans cette direction-là [la collaboration]. Il y a des contraintes de personnel. Toutes les entreprises ont beaucoup de difficultés à recruter du personnel hautement qualifié surtout en ingénierie, puis les changements démographiques ça commence à être du vécu. Mais en plus tu as Bombardier qui accapare tout le monde avec son C-Series, ce qui est bien normal et tant mieux. Alors là maintenant, juste les contraintes de ressources humaines font qu'il y en a qui se disent que pour [tel programme de recherche], j'ai planifié un budget de tant, je n'y arriverai pas tout seul, finalement je vais peut-être essayer de collaborer plus et de donner plus à d'autres entreprises parce que je n'y arrive pas, je n'ai pas les ressources. Il y a des contraintes de ressources humaines (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Ce manque de personnel entraîne, inévitablement un manque dans les compétences présentes dans les entreprises.

Les compétences, c'est plus les ressources humaines, je pense surtout à Bombardier, ils n'ont plus d'ingénieurs. Les gens chez Bombardier nous le disent : « on sait ce qu'on veut faire ». Mais il y a des luttes internes pour le personnel qui est rare, puis le C-Series prend le personnel qualifié (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Par ailleurs, la collaboration permet de faire travailler des experts possédant des connaissances très pointues qu'aucune entreprise ne pourrait directement embaucher en tant que tels, leurs connaissances étant liées à la diversité de leur mission.

Je dirais que parce que ça implique beaucoup plus que l'aspect Génie mécanique, mettons, que ça demande des connaissances beaucoup plus larges, le fait qu'on puisse travailler en collaboration est un atout parce qu'autrement vous n'avez pas les spécialistes sur place. Par exemple, [tel centre de recherche ...] donne l'orientation des projets qui se disent verts. Ils vont donner un espèce de sceau d'approbation en disant « oui c'est vrai, il y a des économies à faire au niveau gaz à effets de serre ». C'est le genre de chose qu'on ne pourrait pas imaginer si on n'était pas en mode collaboratif (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

On trouve là un moyen utilisé par les entreprises pour rester au niveau de leurs compétiteurs plus importants, disposants de moyens financiers et de personnel en plus grand nombre.

On n'est pas aussi élaboré et gros que [nos compétiteurs], on ne peut pas tout faire tout seul, donc on doit développer un réseau avec des fournisseurs, des partenaires pour développer des technologies conjointement avec eux pour combler les besoins qu'on ne peut pas satisfaire à l'interne (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

e) Critiques de la collaboration

Le portrait n'est toutefois pas sans quelques points négatifs relevés par plusieurs acteurs. À partir du terrain, on a identifié trois types de critique.

Tout d'abord, les collaborations sont **difficiles à mettre en place**, notamment à cause de ces changements de culture. Toutes les universités, PME, entreprises, systèmes de R&D n'ont pas encore suivi ce changement, qui devient alors compliqué.

C'est quelque chose où on a de la misère. On n'aime pas ça se parler. On a du mal à se parler à l'intérieur d'une entreprise. Alors, imagine ABC Aviation qui dit à XYZ Air : « hey il faut que tu changes ta porte de telle manière », il va lui dire « c'est ma porte, toi tu es juste le [fournisseur de tel produit]... ». Donc je pense qu'il faut que ça devienne un travail d'équipe. Imagine le petit équipementier, il n'a plus son mot à dire (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Par ailleurs, la collaboration est depuis quelques années un **concept « à la mode »**, dont l'on traite beaucoup en gestion, ce qui peut pousser à aller vers une collaboration pour des raisons artificielles, ou sans effectuer les changements de culture nécessaires pour réussir cette dernière.

Les entreprises, et même les grosses entreprises vont avoir tendance à subdiviser leurs groupes de R&D et de dire c'est plus facile de travailler avec des petites entreprises qui travaillent ensemble sur des projets innovants plutôt que de faire ça dans la grosse entreprise. Donc on a aussi cet aspect où les projets de collaboration deviennent plus à la mode, sur lesquels il y a un intérêt qui est plus grand, on va mettre des choses communes, des moyens en commun... (Analyste/ingénieur, Consortium de recherche).

Le fait de développer des collaborations avec d'autres entreprises ou universités devient en soi un atout commercial. Cela permet la création d'un discours marketing visant à déclarer travailler avec n centres de recherches, x entreprises, etc. Avec le risque de privilégier la quantité sur la qualité et la profondeur de la collaboration. « Les clients qui viennent on va pouvoir leur montrer ça, et on veut faire la promotion de nos partenaires, donc on va mettre des posters, avec telle compagnie, qui va être experte... » (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Enfin, découlant du point précédent, les collaborations sont souvent **forcées de l'intérieur** — par la haute direction — **ou de l'extérieur** — les consortiums de recherche ou organismes subventionnaires. « On les force, les organismes subventionnaires les forcent à le faire. C'est à la mode, c'est ça qu'il faut faire : il faut être collaboratif ! » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre). Bien sûr, cela peut forcer le changement de culture pour prendre en considération une conception basée sur le réseau — c'est l'objet de la section suivante, mais cela peut également entraîner une collaboration artificielle.

7.4.3.3. Au niveau de l'individu : une conception de la connaissance en réseau plutôt qu'une forme de pouvoir

Historiquement, les relations d'affaires et la collaboration sont vues à travers l'angle de la maximisation des relations et de la relation de pouvoir. Plusieurs acteurs clés rejettent cette conception, préférant devenir une référence pour leurs capacités à bien orienter, bien conseiller pour les différentes requêtes auxquelles ils peuvent porter assistance. Ce faisant, ils s'attirent la sympathie et une forme de reconnaissance des acteurs de l'industrie, d'expertise construite, et deviennent plus facilement joignables lorsqu'ils possèdent les compétences pour réaliser des contrats rentrant véritablement dans leur champ de compétences.

Par exemple ils sont venus me poser des questions « ouais, on a des tests électromagnétiques à faire on peut-tu être chez vous ? Non, chez nous on n'a pas ça, mais [à tel centre de recherche] ils on ça, ils ont du monde là-dedans. Vous devriez y aller ! » Ce qui fait qu'ils ont appelé là-bas, et ils s'y sont installés. Là, les gens de ce centre m'ont appelé « ouais, mais là, les gens de XYZ Aircraft ils sont ici, mais là ils ont dit qu'ils voulaient une entente comme avec vous autres, parce que c'est simple, ça roule, ça glisse c'est le fun, c'est vraiment bien... — Et bien regarde, on a mis une entente comme ça, tac tac tac tac ». Et puis maintenant ils sont installés là et puis c'est tant mieux parce qu'ils sont bien en place pour travailler sur le domaine dont ils ont besoin et puis avancer comme ça (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Cette vision repose sur la compréhension de la dynamique collective de l'écosystème et des conséquences à long terme d'une attitude positive vis-à-vis de ses partenaires ou partenaires potentiels, à travers l'**effet de réputation**. Ainsi, trouver la meilleure personne au sein d'un réseau élargi est une façon de se distinguer, de devenir central non par l'accumulation de projets, mais par la capacité à trouver la meilleure personne ou institution, en interne ou externe.

Quand j'ai quelqu'un qui vient me voir [...], je cherche toujours à mettre la meilleure personne pour aider l'entreprise. Donc si la meilleure personne est à [telle place] pour aider la personne, et bien on appelle la personne pour lui dire « il y a ce projet-là. Peux-tu aider l'entreprise sur ce projet-là ? » Si c'est nous autres qui pouvons aider, et bien on va l'aider. Si c'est les deux ensemble on se met les deux ensemble et on travaille. Donc **c'est toujours dans le but de mieux servir l'entreprise et de trouver la meilleure personne pour faire le projet**. Si elle n'est pas ici, elle n'est pas ici. Et on envoie le projet au complet ailleurs. Il y a beaucoup de projets où le monde m'appelle. Je leur dis « hey ! ben appelle donc [telle personne à telle institution], moi je ne peux pas t'aider là-dessus, lui il est super bon » — « Attends, [à tel endroit] ils sont super bons dans ce domaine-là... ». **Pour réussir à mettre ça en place, il faut sortir, il faut faire des activités, il faut connaître le monde, il faut se renseigner sur le monde, il ne faut pas avoir peur de [perdre des contrats]... En même temps, le gars qui t'a appelé et qui t'a demandé « hey t'es-tu capable de faire ça ? » Et bien, parce que tu lui as trouvé la meilleure personne et que tu lui as trouvé la meilleure place, le coup d'après il t'appelle encore parce que tu lui as résolu son problème** (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Ainsi, ce responsable d'un centre de recherche décrit son approche de la collaboration, basée sur un lien de confiance entre acteurs, l'entraide et une relation à long terme, rendue possible par la proximité des acteurs et leurs bonnes connaissances en lien avec leurs pratiques.

Quand on fait des passes de même avec d'autres organismes, on regarde qui revient, qui ne revient pas. Quand tu collabores, ça va beaucoup dans les deux sens. Donc il y a beaucoup de choses qui viennent de nos collaborateurs et là tu développes des liens avec différents organismes et différents collaborateurs, et tu collabores plus facilement avec eux. Parce que je ne vends pas un projet de recherche, je les monte avec les gens. Il n'y a personne qui appelle ici « ouais, j'aimerais te commander deux projets de recherche pour cela ». Non c'est jaser avec l'autre parce qu'il te connaît, il t'appelle « hey tu connais pas du monde là-dedans ? » Plus tu connais les besoins de l'autre plus tu peux répondre « ouais, as-tu pensé à telle

affaire ? » C'est de même que ça se monte un projet de recherche, ce n'est pas au téléphone et ce n'est pas parce que tu as un beau site web que ton projet de recherche va se monter. [...]. J'ai une croissance de 30% à 40% par année [...] en projets avec l'externe, que ça soit avec des organismes ou avec des entreprises. [...] **C'est cette approche de collaboration là : tu aides le monde, et après ça, le monde te rappelle.** [...] Le résultat financièrement, le projet va être plus efficace. S'il est plus efficace, tu fais plus d'argent. Si la personne elle fait plus d'argent, elle est contente. Si elle est contente, elle appelle et elle veut faire un autre projet. **Les dimensions économiques et connaissances sont tout à fait liées** (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Cette attitude est plus facile à décrire qu'à réaliser. Il est en effet difficile pour les acteurs sur le moment de rejeter une source de financement qui peut se révéler appréciable. Il est toujours tentant de bénéficier de contrat ou de partenaires à court terme, mais une telle conception nécessite de maintenir une vision à long terme, au risque d'être mis hors jeu lors de la collaboration potentielle suivante.

Il faut que tu le vives au quotidien, parce que tu as toujours tendance à dire « hey on pourrait faire ça ici... tu sais on pourrait monter ça ici, on peut le faire là — oui, mais lui, il est bien meilleur pour le faire, appelle-le et envoie-lui la passe — ouais, mais là... — envoie-y la passe ». Tu ne sais pas quand ça va revenir, ça ne reviendra peut-être jamais. **Mais d'habitude, quand tu donnes, tu reçois plus que ce tu donnes.** Il faut se motiver à être de même, faut se pousser à ça, il faut que tu le vives. Parce que si tu te fermes ben... Tu sais j'en ai du monde, on essaie de collaborer ensemble, et *whoups* ! Ça arrive que ça ne marche pas. Là tu te dis, j'ai essayé, ça ne marche pas. Donc je n'enverrai pas du monde chez eux. Parce que je sais que ça ne marche pas ! Ils ne sont pas dans cet esprit-là (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Mais, agir ainsi seul n'est pas suffisant, il faut pousser les autres acteurs à agir de la sorte, chercher à modifier la culture de la collaboration par l'action et par l'exemple. Ainsi, dans cette illustration, un centre de recherche a cherché à transformer un compétiteur (en terme de contrat de recherche) en partenaire, au bénéfice des deux institutions, et par la suite, d'autres institutions rejoignant le partenariat.

Ça a été difficile, on s'est pogné, on s'est obstiné, on s'est engueulé, on s'est assis, on s'est compris. [...] Aujourd'hui, les deux, on est plus gros qu'on était avant. Les entreprises venaient nous voir pour dire « c'est compliqué cette technologie... il y a lui, il y a lui, vous venez tous nous voir pour nous dire, hey j'ai telle affaire, j'ai telle affaire, j'ai telle affaire, et j'ai telle affaire... ». Qu'est-ce qu'on a fait ? On s'est associé. « Regarde, tu as besoin de ça c'est lui, si tu as besoin de ça, c'est moi. Si tu as besoin de ça, c'est [tel autre acteur], t'as besoin de ça, c'est [untel] ». On a *brandé* ça au niveau de cette technologie, on s'est défini des créneaux, et à c't'heure, je n'ai jamais fait autant de cette technologie (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Cela nécessite de prendre conscience des liens avec les autres, de l'importance de la relation humaine. En effet, « avec la grande variété au niveau de la communauté, les gens appellent

ceux qu'ils connaissent et non pas toujours les bons points de contact » (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche). De ce point de vue, l'attitude des acteurs est importante afin de développer de bonnes relations. « Comme je le dis tout le temps, je ne connais rien, mais je connais du monde qui eux connaissent des choses » (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche). Cette attitude nécessite aussi une certaine forme de confiance par défaut, pour faire le premier pas et attendre un retour potentiel.

Tu donnes quelque chose à l'autre, s'il ne te donne rien, là tu te dis « regarde finalement ça ne marche pas, je vais aller faire affaire avec d'autre monde ». C'est la même affaire avec les entreprises : tu donnes, tu donnes, tu donnes. À un moment donné, des fois ça revient vite vite vite, des fois ça revient ben ben ben tard, des fois ça revient par la bande, et le gars il est dans une autre organisation, mais il connaît ton attitude, il connaît tout ça, et ça revient différemment. En tout cas, c'est ce qu'on applique (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Un autre élément important est d'élargir le réseau à l'extérieur du secteur aéronautique, pour établir des partenariats et effectuer des transferts de connaissances entre secteurs.

L'innovation verte pourrait enfin permettre de sortir puis de créer des liens avec d'autres industries. Aller chercher d'autres innovations dans d'autres industries, parce que l'industrie aéronautique est tellement fermée sur elle-même ! Elle pourrait tellement gagner à aller chercher ailleurs ! J'espère que dans le cadre de l'innovation verte, on puisse enfin aller chercher des idées à l'extérieur (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Cette idée commence à se diffuser petit à petit, et des collaborations émergent.

Cette ouverture à une conception différente de la collaboration est liée en grande partie à une conception différente de la propriété intellectuelle.

7.4.3.4. Enjeux et pratiques de la propriété intellectuelle

La question de la collaboration et de la propriété intellectuelle est essentielle, car elle est souvent à la base des succès ou des échecs dans les partenariats.

Tu pars avec des gens qui ont des connaissances différentes, des objectifs différents, et tu les mets tous ensemble autour d'un projet de recherche au sein duquel on va générer de la propriété intellectuelle (Analyste/ingénieur, Conseil).

Alors que les questions autour de la propriété intellectuelle à l'intérieur du système de R&D d'une entreprise se posent, mais ne sont pas fondamentales sur l'issue du projet, la chose est

toute autre lors d'une collaboration : « vous savez dans tous les projets dans lesquels vous faites travailler les gens ensemble la propriété intellectuelle devient extrêmement cruciale et peut bloquer tout le système » (Cadre supérieur, Consortium de recherche). En effet, si l'une des parties peut se retrouver lésée des travaux qu'elle a menés dans le projet commun, voire de ses travaux antérieurs — ce qui est possible —, les choses peuvent mal se passer. Il est donc fréquent qu'il y ait une certaine crispation lorsque la question de la propriété intellectuelle se pose.

Il y a également le risque que l'information partagée avec un partenaire se retrouve chez un concurrent, d'où une certaine réticence à partager l'information.

Pour la R&D, il y a des bouts qu'on fait, mais aussi des systèmes qu'on achète. C'est là que la propriété intellectuelle pose problème, car pour chacun de ces systèmes, il y a 3-4 fabricants. Donc, si quelqu'un nous donne de l'information, il court le risque que l'information soit donnée aux autres (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Or, dans le secteur aéronautique comme dans d'autres secteurs, il est d'usage courant de protéger les savoirs développés. La connaissance est généralement abordée sous l'angle de la propriété intellectuelle.

Dès que tu fais de la recherche, tu vas générer une forme de propriété intellectuelle ou une autre. Après ça, est-ce que tu vas faire quelque chose, est-ce que tu vas développer une invention, est-ce que tu vas la breveter ou non, c'est des décisions à prendre, mais en théorie, tu développes des connaissances, c'est une forme de propriété intellectuelle quelconque (Analyste/ingénieur, Conseil).

Pour protéger des formes techniques de savoirs, c'est habituellement le brevet qui est utilisé, et le nombre de ces brevets nécessaire dans la conception et la fabrication d'un avion est important.

En propriété intellectuelle, un avion, écoute ! Le nombre d'innovations dans un avion, c'est ahurissant. Ça va de l'électronique, aux matériaux, ... Ça peut être couvert de brevets du museau jusqu'à la queue en passant par tous les fils, tous les logiciels, etc. Et tout doit être standardisé, avec approbation réglementaire. C'est un milieu très complexe en terme de propriété intellectuelle. Avec pleins de composantes, venant de pleins d'entreprises différentes (Analyste/ingénieur, Conseil).

Le brevet peut — en cas de conflit et d'infraction reconnue dans un État — aller jusqu'à empêcher l'exploitation d'un modèle d'avion qui enfreindrait ledit brevet de voler dans le territoire de l'État en question. Il s'agit donc d'un risque pris au sérieux par les industriels.

Le brevet peut te clouer au sol. Tu mets ton avion dans les airs, et tu traverses les États-Unis, et *schlack* ! Boeing t'attaque, j'ai 500 brevets et toi tu as mis ton avion dans le ciel chez nous, et c'est fini. Pour moi, c'est très préoccupant (Analyste/ingénieur, Conseil).

Ce n'est pas le seul système de protection, puisque les entreprises font également souvent appel au secret industriel, mais cela concerne plus souvent les procédés de fabrication, potentiellement plus difficiles à étudier pour la concurrence. « Ils gardent beaucoup de choses secrètes, il y a beaucoup de secrets de commerce en aéronautique » (Analyste/ingénieur, Conseil). Il est également plus difficile de prouver qu'il y a eu violation de brevet. « Arriver à montrer que telle pièce a été fabriquée avec ton procédé... bonne chance ! Donc ce qu'on applique et ce que les entreprises appliquent beaucoup c'est la confidentialité de l'information » (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche). Aussi, travailler sur des procédés de fabrication avec des universités ou des centres de recherche peut être compliqué, car les chercheurs sont généralement évalués eu égard au nombre de leurs publications. S'ils effectuent des recherches devant rester confidentielles, cela pose un problème entre des intérêts divergents entre l'industrie et l'université. Les centres de technologie n'ont pas cette contrainte de la publication, ce qui en fait des acteurs clés avec lesquels collaborer sur ce type de procédés.

Ici on ne publie presque jamais, on ne publie pas nos projets, on n'a pas d'objectifs comme à l'université de dire « combien de publications t'as fait ? ». On n'est pas évalué du tout sur ça, on est évalué sur la création de richesse, la création d'entreprises, la création d'emplois, l'avancement des technologies et leur application dans l'industrie. Combien de publication ? Ça ne vaut pas une barre, ça ne fait pas partie de nos critères d'évaluation (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

La gestion de la propriété intellectuelle est prise très au sérieux par les entreprises, ce qui devient une nécessité dans une industrie mondialisée comme celle de l'aéronautique. Comme l'énonce un des acteurs interrogés, « si tu fais du développement technologique, si tu veux vendre des produits le moins technologiques à l'international, aujourd'hui, tu n'as plus le choix » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre). La question de la propriété intellectuelle est problématique, car à la fois coûteuse et imprévisible pour une grande partie. Par ailleurs, elle complexifie la collaboration. Le brevet sera-t-il utilisé ? Sera-t-il assez solide pour donner une avance technologique à l'entreprise ? À l'inverse, ne pas déposer de brevet, c'est prendre le risque qu'un concurrent le fasse, ou que la technologie soit utilisée par lui.

La propriété intellectuelle impacte sur la R&D. On ne peut pas revenir dans le temps. Quand quelque chose est créé ou conçu, on ne se rend pas forcément compte de tous les impacts que cela peut avoir. On est donc obligé de protéger la propriété intellectuelle tout le temps. Sans savoir si ça va être utile. Mais **cela met un frein aux échanges** (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Dans le cas de collaborations, s'il y a un dépôt de brevet potentiel, il est nécessaire que les acteurs s'entendent si possible auparavant pour éviter toute mauvaise surprise, pour déterminer comment se fera le partage de la propriété intellectuelle générée. C'est d'autant plus nécessaire qu'en l'absence de contrat, la loi n'est pas la même selon les pays.

Si c'est quelqu'un d'autre qui fait la recherche, à la base, même si tu l'as payé, c'est l'autre personne qui est propriétaire de la propriété intellectuelle. Donc si on fait une collaboration ensemble, et qu'on n'a pas signé de contrat, si tu génères de la propriété intellectuelle, ça va être à toi, si j'en génère, ça va être à moi. Et si on en génère ensemble, on va être copropriétaire. À la base, sans contrat. Si on est copropriétaire sans contrat, c'est hyper complexe, parce que chaque pays va traiter les choses différemment, et même assurément différemment dans certains cas. Le droit américain ne traite pas la copropriété de brevet de la même manière que le droit canadien, par exemple. Tu peux avoir des pays où s'il n'y a pas de contrat, et qu'on est copropriétaire d'un brevet, les deux on a le droit d'aller l'exploiter, et il faut qu'on se verse une partie des redevances l'un à l'autre, on peut octroyer des licences pour le marché l'un et l'autre, du moment qu'on paie une partie des redevances. Dans d'autres pays, tu n'as pas le droit d'aller donner une licence sans avoir l'accord de copropriétaire (Analyste/ingénieur, Conseil).

Par ailleurs, dans le cadre d'une collaboration, chaque acteur a des attentes différentes en terme de propriété intellectuelle.

Chacun a un peu ses problèmes, sa vision des choses, pas le même niveau de sophistication. Les grands donneurs d'ordres ont des départements de propriété intellectuelle, des agents de brevets à l'interne, etc. Les PME n'ont pas ça. Les universités ont des centres de transfert technologique, donc ils ont des gens hypercompétents pour traiter de ça, mais qui ne sont pas nécessairement agents de brevet non plus (Analyste/ingénieur, Conseil).

La solution choisie au sein du CRIAQ vis-à-vis de ce problème a été la création d'un contrat type, négocié à l'origine entre acteurs pour tenir compte des différents intérêts (voir l'encadré 7.3), et que tous les membres doivent accepter pour faire partie d'un projet CRIAQ.

Au CRIAQ [...] très très tôt dans le processus, ils se sont dit — on va vraiment faire un contrat type qui va gérer tout ça, tout le projet, incluant les contributions financières, le contrat, tout tout tout, dont la gestion de la propriété intellectuelle. On dit ce qui arrive si tu amènes de la propriété intellectuelle que tu avais déjà, si tu l'amènes dans le projet, comment elle est traitée. Ce qui est généré pendant le projet, comment c'est traité, que ça soit développé, mettons par une université seulement, un partenaire industriel seulement, un centre de recherche seulement, si c'est ensemble, si c'est de la propriété intellectuelle conjointe,

comment on gère ça. Et donc vraiment, c'est des pages et des pages et des pages de texte ... poche ! [Mais utile] (Analyste/ingénieur, Conseil)

Encadré 7.3 - Discussions et négociations autour de l'entente de propriété intellectuelle du CRIAQ

« Comment on a réussi ? Tout d'abord l'industrie a dit "écoute, on ne va pas donner de royalties pour des développements". Rappelez-vous, à l'époque, les industries considéraient que l'apport des universités, c'est intéressant, mais en réalité ce qui les intéresse ce sont les étudiants, les diplômés, pas les recherches que font leurs professeurs. "De toute façon, ce n'est rien par rapport à ce qu'on faisait déjà" : ça, je me mets à la place de l'industriel. Quand il est venu le temps de parler de propriété intellectuelle évidemment l'industrie a dit "il n'est pas question qu'on paye des royalties. Après tout, c'est les profs qui vont y gagner le plus, parce que c'est nous qui allons leur donner l'information". Et les profs ont dit "c'est quoi cette histoire-là ? Moi j'ai des années d'étude, ce n'est pas pour mettre dans un projet une propriété intellectuelle et puis ne pas en retirer des profits !". Il faut se rappeler qu'à l'époque la notion, tout ce qui touche à la valorisation, les universités avaient en tête que la recherche, il faut la monnayer. Donc il n'était pas question de céder la propriété intellectuelle. Alors comment est-ce qu'on a réussi à faire la chose ? D'abord on a dit "si vous arrivez sur un projet avec une propriété intellectuelle reconnue on va la reconnaître, on va la protéger et même, on va vous donner des royalties pour ça, si c'est déjà fait avec par exemple un brevet. Mais toute propriété intellectuelle qui est développée dans le projet, vous allez nous céder les licences exclusives sans royalties. — Comment ça ? — Écoute, nous on participe, de toute façon il n'y a pas d'argent à faire en aérospatial — ce qui est vrai —, la fenêtre d'opportunité est ouverte de 10 à 15 ans parce qu'avant qu'une nouvelle idée soit implantée dans un avion, ça prend des certifications, ça prend plein de trucs, il n'y a pas d'argent à faire avec ça. Par contre si vous développez l'idée à l'extérieur de l'aérospatial, vous êtes libre de le faire à condition que nous approuvions. Il n'est pas question de vendre les idées aux concurrents". Alors cette idée là, tranquillement on a réussi à convaincre les universités que ça avait du bon sens, parce que finalement les chercheurs cherchent des idées nouvelles qui viennent de l'industrie. Ils ont des étudiants qu'ils vont placer facilement par la suite, ils vont faire des stages, ils vont faire des échanges et aussi il y a une

possibilité très intéressante d'avoir des contrats par la suite. En fait ce qui rapporte le plus aux universités ce n'est pas les royautés, c'est les contrats. Alors à partir du moment où ils ont commencé à se faire à l'idée que c'était peut-être intéressant pour tout le monde, ils se sont pliés à l'idée. Alors chaque fois qu'il y a un nouveau partenaire universitaire qui embarque, parce que maintenant on est à l'échelle canadienne, la première question, elle est posée sur la propriété intellectuelle, les royautés, "c'est à nous, etc. bla bla bla". Très rapidement on leur fait comprendre qu'ils ont tout à gagner en faisant cela. Ils se font à l'idée et ça marche. L'entente CRIAQ c'est une entente dans laquelle la propriété intellectuelle de base, le *background idea*, on le reconnaît et on peut le négocier. Mais tout ce qui est développé pendant le projet, l'industriel et l'université et les centres de recherche — donc ça inclut les CNRC, etc. — l'industrie a une licence exclusive perpétuelle mondiale pour utiliser la propriété intellectuelle dans le champ d'application de l'industrie. [...] C'est ça l'idée en mettant des contraintes limitées à l'application de cette condition de propriété intellectuelle de licences exclusive etc. Les gens ont accepté. [...]

Souvent au début c'était deux gros qui travaillaient ensemble et qui n'étaient pas nécessairement en compétition, par exemple, il y a eu beaucoup de projets Bombardier — Pratt. Il n'y a pas de compétition entre les 2, il n'y a aucun risque que l'un empiète dans l'autre. Mais quand vous avez une PME dans le projet, pour la PME, c'est vital la propriété intellectuelle, parce que c'est son domaine spécifique d'application. On a toujours dit à la PME que le CRIAQ ne s'occupe pas des négociations entre compagnies, elle s'occupe des négociations entre entités industrielles et entités universitaires. On a dit aux PME "faites attention, négociez correctement votre propriété intellectuelle avec l'industrie parce que vous allez avoir une licence exclusive, mais quand cette licence va être interprétée par les deux partenaires industriels ce n'est pas à nous de gérer ça". Et ça marche, là aussi ça marche, on les prépare à la situation » (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Ainsi, le CRIAQ a permis d'arriver à un compromis entre les universités et les entreprises, et en partie les PME, afin que chacun ne concède que ce qui ne lui est pas le plus essentiel. Mais la solution retenue a aussi quelques défauts.

La première critique que l'on peut faire à l'entente CRIAQ est de ne pas être adaptée à des recherches ou des technologies trop stratégiques pour une entreprise.

Le défi, dans ce cas-là, c'est de se dire qu'il y a un coût que l'on sait, que le modèle de contrat, il est sauf à de très rares exceptions coulé dans le béton, donc les résultats sont toujours les mêmes. Alors c'est quel genre de recherche que tu vas amener au consortium ? Parce que mettons que tu as un projet de recherche qui est hyper *core* et que tu veux faire un contrat parce que tu as besoin d'un groupe de recherche de [telle université] qui serait ici les meilleurs, avec les meilleurs équipements, *state of the art*, il faut que tu travailles avec eux, mais c'est tellement *core* que tu veux être propriétaire de toute la propriété intellectuelle qu'ils vont générer, tu veux que ce soit tes brevets. Et bien, tu ne peux pas aller au CRIAQ avec ça. Parce qu'au CRIAQ, tu ne seras pas propriétaire, tu vas obtenir des droits d'exploitation, mais l'université va conserver ses droits d'exploitation pour les domaines autres que l'aérospatial. C'est correct, mais pour un projet de recherche particulier, ça peut ne pas du tout être aligné avec les objectifs. Dans ce temps-là, tu vas appeler l'université, et tu vas négocier ton contrat du mieux que tu peux (Analyste/ingénieur, Conseil).

Le second ordre de critique provient de la rigidité de l'entente type, qui peut poser des problèmes lorsqu'il est mis en application. Pour pallier ce défaut, le contrat est dans un processus d'amélioration continue visant à éliminer ses défauts, mais cela prend du temps.

Parce que c'est un *template* de contrat — c'est très rigide comme approche. On a créé un comité de l'entente sur lequel tu as des représentants de tous les milieux : industriel, universitaire, CRIAQ, avocat et un représentant du CRIAQ. On va chercher les commentaires des membres sur l'entente, et on regarde s'il y a des choses à changer. Si des choses vécues sur le terrain sont différentes, s'il y a des commentaires. Des fois, on change, et là on vient de sortir la version 1 du contrat. Avant, c'était la version 0 du contrat. La version 1 qui vient de sortir est basée sur les commentaires, ça a pris plus d'un an de réunion du comité de l'entente, en passant à travers les commentaires des membres. Ça fait quand même un contrat créé en comité, et il y a un dicton qui dit que quand tu fais un cheval en comité, ça donne un chameau. C'est sûr qu'il y a des choses un peu moins évidentes. Tout le monde met son grain de sel, change un petit bout de phrase, ceci, cela... Ce n'est pas très élégant nécessairement, comme texte, comme structure. Ça fait la job, mais ce n'est pas nécessairement élégant (Analyste/ingénieur, Conseil).

Le troisième ordre de critique est relié à la nature même du contrat type, qui en cherchant à être générique et exhaustif a comme défaut d'être long et compliqué à analyser. Pour pallier ce problème, le CRIAQ organise des sessions d'explication et de formation.

Quand les gens reçoivent ça, c'est dense, touffu, pas élégant, donc il faut recommencer à expliquer. C'est une réalité avec les nouveaux membres et aussi avec les institutions ou entreprises où il y a un changement de personnel. On vit ça avec certaines universités, où à un moment donné, tu as une nouvelle personne. [...] On fait des formations, surtout pour les PME, voici ce que dit l'entente, voilà dans quoi vous vous embarquez, pour être sûr que tout le monde comprenne les règles du jeu et ensuite c'est le même contrat pour tout le monde (Analyste/ingénieur, Conseil).

Malgré tout — sans remettre en cause l'entente CRIAQ qui est considérée comme une bonne entente —, plusieurs acteurs du système de R&D se posent la question d'alternative viable au système des brevets, qui aurait un coût moindre et permettrait d'accélérer le rythme de l'innovation (cf. la section 7.4.4.1.d).

C'est souvent un frein, tout le monde veut être propriétaire. Moi je suis un fervent de la **propriété conjointe**, mais ce n'est pas très clair pour tout le monde, surtout les investisseurs dans les petites entreprises ils veulent des brevets. [...] Ça peut passer par le secret, pas forcément le secret industriel, mais la connaissance. "Moi je sais comment le faire, point. Et je le fais". Des fois c'est d'être le *first to sale* qui a de la valeur, après ça... Des entreprises passent 3 ans à se battre pour un brevet alors les compagnies qui réussissent souvent le mieux c'est celles qui se dépêchent en avant (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

7.4.3.5. Créer une vision technologique unifiée

Actuellement, les différents consortiums et pratiques sont basés sur une approche *bottom-up*, c'est-à-dire visant à financer et collaborer sur les idées provenant de la base du système de R&D — les chercheurs, ingénieurs, etc. Plusieurs acteurs pensent que si cette approche est très pertinente, une approche *top-down* en complément, réalisée par les maîtres d'œuvre avec de grands intégrateurs, permettrait de définir la vision du futur à plus longue échéance, dans le cadre d'un programme cohérent plutôt qu'un ensemble de projets.

C'est l'effet d'intégration, parce que tu as ce qu'on appelle un *product pull*, le produit doit définir la technologie. Quel est le produit de 2030 de Bombardier, quel sera le *shape* de l'avion de 2030 ? Au point de vue : combien de passagers ? Quelle géométrie ? Quelles exigences de carburant, de bruit, de *landing gear*, etc. ? S'ils définissent ça maintenant, on demande aux fournisseurs que ce soit les moteurs, *landing gear* ou autres, quelles sont les technologies que vous devez faire pour répondre à cet avion. Après ça, on travaille là-dessus. C'est comme ça qu'on définit un projet, dans chaque compagnie. Pour ABC Aviation, pour faire un [produit], on définit le [produit] lui-même, puis les composantes de ce [produit], ses technologies. On n'a pas fait ça pour l'avion (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Ainsi, l'idée est de travailler sur une vision globale à long terme au niveau de la grappe à travers le projet fédérateur qu'est l'avion vert pour être capable de tirer les acteurs dans une direction unique et cohérente, et faciliter la collaboration. Qu'il y ait un projet qui les fédère plutôt qu'un ensemble disparate qui s'en va dans tous les sens et qui mène finalement à de la redondance.

En effet, le constat actuel est que cette vision parsemée, même si elle vise l'avion vert, est trop segmentée, sans véritable cohérence.

Je ne veux pas être négatif, c'est-à-dire les projets de SA2GE 1 sont bien, on parle toujours d'un avion vert, mais les projets que ABC Aviation ont mis sur la table, ou ceux de Plane-o-tronic, ils sont conscients de qu'est-ce que Airbus, Bombardier, Dassault, Boeing, veulent. Ils ne travaillent pas sur des choses qui ne seront jamais sur un avion. On a pris ça en considération. On est toujours en contact avec nos clients. Mais on ne s'est pas réuni tous ensemble : Bombardier, Pratt, Bell, Héroux-Devtek, Thalès, CMC, CAE... Ils ne se sont pas réunis pour dire : ça, c'est l'avion dans 20 ans, dessinons ça ensemble. On n'a pas fait ça (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Or, ce travail a été effectué dans d'autres ensemble, comme en Europe à travers le programme *Clean Sky* : « C'est ça que *Clean Sky* a fait. On n'a pas un *Clean Sky*. Parce que les projets d'Europe, on le sait, il y a des projets [de niveaux] 1, 2, 3. On est au 2.5, on n'est pas encore au 3, on n'a pas *Clean Sky* » (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche). Toutefois, le rattrapage se fait rapidement, les initiatives existantes se sont révélées concluantes, et les acteurs sont motivés à continuer pour augmenter leurs collaborations.

On était très motivés à faire ça. On n'était pas capable de le faire encore, c'est pour ça. On a essayé, [...] et même si on voulait le faire de cette façon, on n'était pas capable. Et comme disaient les Européens, ils n'ont pas eu *Clean Sky* après 5 ans, ils l'ont eu après 15, 20 ans. [...] J'ai l'impression qu'on est même meilleurs, malgré le retard qu'on a sur les Européens. On a été plus rapide qu'eux pour mettre en place le CRIAQ, le GARDN et le SA2GE (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Le Québec présente en effet les avantages évoqués précédemment : proximité des acteurs, notamment géographique, rôle important du gouvernement, ouverture à la collaboration, entente de propriété intellectuelle construite avec les acteurs.

On a été plus rapide c'est clair. Mais c'est normal, on est tous à Montréal, les Européens c'est 25 nations, disons 7, ou 5 pays qui sont forts. Mais, quand on parle du Québec, on ne parle de Montréal. On n'a d'ailleurs pas été capables de faire ça avec le Canada, on a complètement échoué. On n'a pas un CRIAQ canadien, un SA2GE canadien. On n'a pas été capable de faire ça au Canada. La raison, c'est que pour nous ici, la géographie nous aide beaucoup, on est tous à Montréal. C'est pour ça qu'on a été rapides. Et la volonté du gouvernement nous a aidé aussi. On n'a pas eu besoin de faire de compétitions pour avoir le CRIAQ, le gouvernement nous a donné 5.5 millions de dollars, donnez-nous vos conditions, vous allez avoir l'argent. On n'a pas de compétition avec un autre centre, comme les autres ici. Ça, c'est complètement différent (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Plusieurs acteurs précisent que cette vision claire relève d'une stratégie en étape, visant à arriver petit à petit vers cette intégration au niveau de la grappe.

La raison pour laquelle on n'a pas été capable, c'est qu'on n'avait pas de gros projets de CRIAQ. Le CRIAQ, ce sont des projets faits à l'université. Oublie le GARDN, parce que je parle pour le Québec. Le SA2GE ce sont des projets financiers et faits par l'industrie, avec des TRL plus hauts que le CRIAQ. **Ça, cela manquait. On doit marcher avant de courir.** Les niveaux 1, 2, 3 de CRIAQ ont été faits à l'université, et on a monté les 4, 5, 6 qui sont faits en industrie avec SA2GE. C'est normal qu'on ait dû commencer comme ça, en silo avant de faire de l'intégration. [...] On a besoin de projets CRIAQ 4 à 7 menés par les industriels comme le SA2GE maintenant. Alors le CRIAQ 2, ça va être une sorte de SA2GE 1, et on veut un SA2GE 2 qui va intégrer tout ça. **On était conscient de tout ça, mais c'est une évolution normale. On ne peut pas aller dans un *Clean Sky* en *one shot*** (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

L'objectif de cet élargissement de la collaboration est triple :

1) Renforcer le poids de l'industrie, par rapport aux universités, de façon à ce que la R&D soit guidée non plus par l'université comme dans le cas des projets CRIAQ, mais par l'industrie elle-même, afin de toujours rester concentré sur l'objectif final qu'est la mise en marché. Ce qui n'exclut pas les universités.

On a commencé avec les universités aussi, c'est-à-dire que les projets CRIAQ sont des projets faits par l'université, contrairement au SA2GE, faits par l'industrie, avec le support des universités. *University based versus Industry based*. Mais on travaille ensemble (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

2) Monter en TRL, en se rapprochant des développements finaux, plus proches de la mise en marché, mais également là où la collaboration devient plus difficile. Cette montée en puissance se fait en lien direct avec le niveau technologique. Commencer les collaborations avec des niveaux de TRL plus faibles a permis d'initier cette culture de la collaboration décrite dans cette section. Mais monter en TRL, c'est également monter dans les frais de R&D, donc des besoins en capitaux communs plus élevés.

Il y a une grosse différence entre le maximum du projet CRIAQ : 1 million de dollars, alors que le SA2GE c'est 3, 4, 5 millions, et un SA2GE 2 ce serait 50, 60 millions. Et c'est la même chose pour les Européens. Je parle des niveaux de TRL, de montants. SA2GE 2 irait encore plus loin dans le TRL (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

3) Développer des technologies communes plutôt que des produits communs : actuellement, les partenaires travaillent sur des produits communs à travers des projets. Mais ils ne développent pas de technologies communes, qui serviraient de plateforme commune au sein de la grappe. Cela a un impact sur le type de partenariat, car avec une plateforme commune, les partenaires seraient avantagés à travailler les uns avec les autres également au niveau technologique.

Vers une culture de la collaboration

À travers cette section, on a présenté le changement de culture en cours, les avantages perçus par les acteurs de la collaboration, les changements vers une conception de la connaissance en réseau plutôt que comme source de pouvoir, les enjeux et pratiques de la propriété intellectuelle, et la création d'une vision technologique unifiée. Le rapprochement entre l'université et l'industrie, et dans celle-ci entre grandes et petites entreprises a également été discuté, dans ce qu'on peut qualifier d'une culture du dialogue, s'inscrivant dans une perspective de comportement organisationnel. On peut schématiser ces différents éléments et les associer à la section 7.4.2 sur la Figure 7.10 où la structure et la culture interagissent.

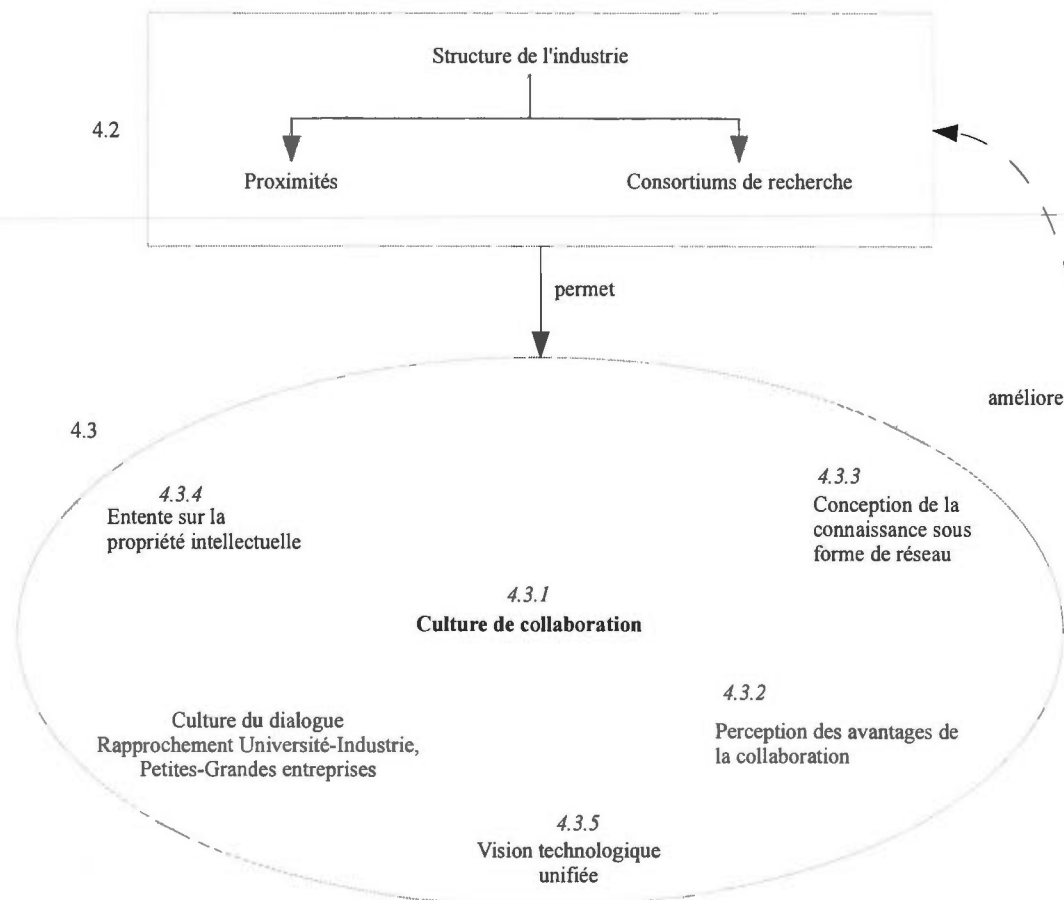


Figure 7.10 - Vers une culture de la collaboration

7.4.4. Différents niveaux de collaboration

La plupart des acteurs le reconnaissent, toutes les collaborations ne se valent pas, toutes ne représentent pas les mêmes réussites (ou échecs).

La collaboration en recherche multi-institutionnelle, c'est une autre affaire, **on force la collaboration, mais, si t'enlèves les silos, tu as beau mettre 5 silos ensemble, le monde continue à travailler tout seul. Ce n'est pas de la synergie.** Mais, oui, si un jour on peut réussir à inclure des chercheurs universitaires dans l'entreprise, ou l'entreprise dans un environnement universitaire, vraiment, enlever des murs, je pense que oui ça pourrait marcher (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Plusieurs acteurs insistent sur le fait que la collaboration est avant tout une affaire de relation entre individus, que cela correspond à une représentation du monde, à une culture (cf. la section précédente).

Tu as beau l'imposer, la collaboration, c'est un mode de pensée, c'est une façon d'être. Il y a des profs qui collaborent, ils sont durs à suivre, tellement ils collaborent. On a de la misère à encadrer ça tellement la frontière n'existe pas pour eux. Mais pour d'autres, c'est très différent (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Par exemple, il est difficile de s'entendre sur le rôle de chaque intervenant. « Tous veulent l'initier, le développer. Tous ne s'entendent sur la définition et ni sur le rôle de chacun » (Cadre intermédiaire, Sous-traitant). Or selon les acteurs, les attentes diffèrent, les attentes ne sont pas nécessairement les mêmes.

Ce que c'est la collaboration pour une entreprise aéronautique, ce n'est peut-être pas ce que c'est pour une entreprise d'un autre domaine. Dans le fond, ça fait toute référence à ce qu'on a dans nos têtes comme définition, de ce que ça devrait être. Une PME qui dit qu'elle trouve que la collaboration se passe mal, que cela ne se passe pas à son goût, c'est parce que souvent une PME croit qu'en devenant collaborateur, ça devrait automatiquement donner une position privilégiée quand vient le temps d'avoir un contrat des services, c'est là qu'est la grosse difficulté. [...] Est-ce que ça devrait être amélioré ? Certainement. Mais c'est vrai qu'à l'heure actuelle une collaboration au moment d'une innovation ne mène pas automatiquement à une collaboration au moment de la production (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Ainsi, selon les cas, on assiste à de véritables collaborations. On l'a vu dans les précédentes sections de cette partie, la collaboration est souvent synonyme de succès au Québec depuis quelques années, ce qui n'est pas sans faire la fierté de l'industrie, malgré le relativement peu de moyens dont elle dispose par rapport à d'autres pays.

L'industrie est plutôt fière d'avoir ça, parce que c'est quand même elle qui a créé ces mécanismes-là, plutôt fière de voir qu'avec peu de moyens, on est capables de faire des petits miracles et que les autres pays nous jalouent un peu (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Pourtant, il y a également des échecs ou des frustrations, et l'étude de ceux-ci est intéressante, car on peut identifier quatre facteurs influençant ces échecs (section 7.4.4.1). La section 7.4.4.2 spécifie les différentes pratiques observées dans les collaborations réussies.

7.4.4.1. Cas d'échec : une absence de collaboration profonde

Souvent, les échecs viennent d'une forme de « schizophrénie » des entreprises, notamment les grandes entreprises dont les différents départements travaillent en silo (cf. section 7.1.3.1) n'ont pas les mêmes objectifs ni la même vision de ce que doit être la collaboration, comme l'illustre ce responsable de la R&D d'une petite entreprise.

Il y a des efforts qui sont faits, il n'est jamais trop tard pour être conscient de ce qui se fait, pour être impliqué dans ces divers comités, je peux dire qu'il y a une volonté. La volonté est là. Sauf que devant la réalité, au niveau du quotidien, ce n'est pas là. Autrement dit, lorsqu'on s'assoit à une table chez [tel comité] ou tous les grands comités, on entend la grande volonté des grands joueurs, c'est clair. Tout le monde, avec les larmes aux yeux et la main sur le cœur, les bras dans les airs, oui nous voulons faire les choses. Et le jour même, lorsqu'on fait affaire avec ces gens, on se heurte à leurs gens ou aux achats ou au *procurement*. Et puis lorsque vient le temps de travailler ensemble, ce n'est qu'avec ces gens, donc finalement, c'est comme une commande de stylo chez Bureau en gros, une commande de matériel brut. Et c'est tout (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Lorsque le changement de culture décrit dans la section précédente n'est pas présent, même s'il y a une volonté de collaborer de la part de la direction, cela se passe mal. Les partenaires n'échangent pas ou que peu d'informations, la collaboration se fait selon une logique commerciale plutôt qu'une logique de développement industriel.

C'est culturel, c'est tout. Je crois que c'est très gênant pour une grosse compagnie d'être obligée de partager, ou d'être obligée d'admettre qu'une partie de leur *core business* vient d'une petite compagnie. Ils ne veulent pas. C'est normal, je les comprends (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

C'est souvent au niveau de la gestion que la collaboration est limitée : la logique du système de R&D contraint les acteurs dans leurs échanges, dans leurs confiances respectives.

La fin justifie les moyens... mais c'est sûr qu'entre ingénieurs mettons un aérodynamicien de XYZ Aircraft et tu l'assieds avec un aérodynamicien de Plane-o-tronic, ils comprennent qu'il

faut qu'ils se parlent, mais ça se complique quand ça arrive avec les gestionnaires. Quand tu mets les avocats là-dedans, ils te disent que tu ne peux pas donner d'information là-dessus — « qu'est-ce que tu me donnes en échange ? — Je vais développer, je vais mettre cet argent-là en R&D. » Mais là, on rentre dans les questions commerciales. Vais-je avoir un *first ride to bid*. À un moment donné, tu es rendu loin de l'innovation (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

À travers les entrevues, quatre dimensions du système de R&D poussant à une collaboration de surface ou **collaboration pauvre** ont été identifiées : la dimension financière, la dimension culturelle, la dimension structurelle, la dimension juridique.

a) Dimension financière

La première dimension limitant la collaboration est la dimension financière. L'un des acteurs choisit son partenaire selon des critères financiers, de moindre coût, plutôt que de chercher à établir une relation portant sur le long terme.

Ce qui est en train de tuer notre industrie c'est que la relation entre acteurs c'est une relation de *suppliers, supply chain*. On fait des *Build print*. On construit des morceaux selon un dessin et c'est tout. Et s'il y en a un qui le fait moins cher, je n'en vendrai plus et l'autre va en vendre. [...] Le danger c'est qu'il y aura toujours un Taiwan, un Mexico, une Chine, il y aura toujours une Amérique du Sud pour être capable de faire une pièce à meilleur marché qu'ici, toujours (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Cette dimension est à mettre en lien direct avec la logique financière du système managérial.

b) Dimension culturelle

Même si la volonté de collaborer est présente, elle n'est pas suffisante pour réaliser une véritable collaboration avec d'autres acteurs, pour établir des relations durables et profondes avec eux. La dimension culturelle, détaillée dans la section précédente, se révèle essentielle. Ainsi, cet acteur responsable de la R&D d'une grande entreprise détaille les problèmes auxquels est confrontée son organisation.

Je pense qu'il y a un consensus assez large qu'il faut aller vers [la collaboration], mais dans les faits, dans la façon dont on se comporte, les discussions des ententes — c'est mon opinion — mais j'ai l'impression qu'il y a un aspect fournisseur/client qui vient en jeu, on veut discuter les règles unilatéralement... Des fois, on met en place des ententes, des services commerciaux pour nous aider à les élaborer, mais ils viennent d'écoles, ou c'est des avocats... ils ont beau avoir tous les *workskills* possibles... C'est un ajustement.

Interviewer : Votre entreprise cherche-t-elle à modifier ces pratiques de gestion pour essayer de simplifier cela ?

On commence à le réaliser, on est au stade où on travaille sur plusieurs ententes en parallèle et ça avance très, très lentement. Dans les discussions que j'ai eues à l'interne, il commence à y avoir une réalisation que c'est long, compliqué, et ça n'avance pas vite, souvent les autres compagnies sont un peu... Souvent c'est nous qui ralentissons, ils nous attendent, [...] c'est souvent nous les coupables pour retarder les discussions. Je dirais qu'on a un problème organisationnel pour le codéveloppement, on n'est peut-être pas structuré de la bonne façon. Mais on essaie de changer ça (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Si certaines équipes acceptent de jouer le jeu de la collaboration, ce n'est pas le cas de toutes. Or, dans le cas d'une PME collaborant avec une grande entreprise, il y a de grandes chances qu'à un moment ou un autre, la PME doive passer par une relation avec une des équipes de son partenaire n'ayant pas cette culture de la collaboration, ce qui entraîne souvent une collaboration de surface ou collaboration pauvre.

On collabore, mais c'est creux. Et il y a toujours cette relation t'es mon fournisseur / je suis avionneur. C'est le gros XYZ Aircraft, tu imagines les petits, une PME dans un projet CRIAQ, ils n'ont tellement pas de poids à côté d'un XYZ Aircraft. Ce n'est pas vrai que c'est une collaboration. En tout cas pas encore (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

La confiance est fondamentale (voir la section 7.4.2.2) dans une culture de collaboration. Or, celle-ci n'est pas toujours présente avec les entreprises partenaires, comme l'illustre ce responsable du système de R&D d'une grande entreprise : « On a une grande confiance en interne, mais on se méfie beaucoup de l'extérieur. On fait attention au partage de l'information ». Or, si la confiance n'existe pas dans un sens, elle n'existe également pas dans l'autre. Il y a un effet de symétrie, et les partenaires ne peuvent vraiment échanger d'informations ou de connaissances, par peur de perte d'information stratégique, ou même de vol de celle-ci.

Ça amène aussi des répercussions sur est-ce que toi PME travaille déjà avec Boeing et que nous, ça ne nous tente pas de travailler avec toi parce qu'il risque d'y avoir... certaines informations qui glissent et qui se retrouvent chez nos concurrents ? (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Dans le cadre des relations entre l'industrie et l'université, malgré le rapprochement de ces deux types d'institution, il s'agit encore de mondes différents.

Au niveau de la pratique, il y a des collaborations qui ne mènent nulle part, avec des objectifs divergents entre professeurs d'université et industrie. On est en train de réfléchir à comment

améliorer le taux de succès de collaboration. Un des facteurs qui semble important, c'est le *background* industriel du professeur.

Ce manque de suivi tel que les entreprises le souhaitent est parfois compris dans certains laboratoires ou centres de recherche qui cherchent alors à satisfaire leur partenaire industriel. Il en va ainsi dans ce centre universitaire qui cherche à standardiser ses procédés afin de répondre aux attentes de l'entreprise, mais cela relève d'un équilibre difficile à trouver.

On travaille beaucoup avec les industries. Il y a un besoin de s'aligner un petit peu tout en essayant de conserver un peu la liberté du côté recherche et en essayant de s'aligner. ... notamment en gestion de projet, [...] mettre des outils en place et des méthodes de gestion de projets en place de façon à répondre au contexte des entreprises qui sont habituées à avoir certains suivis spécifiques. Donc toute cette approche-là, on est en train de la mettre en place. Elle existait, disons de façon plus ou moins informelle, selon les personnes un petit peu. Mais là, on la rend plus standard par projet (Cadre intermédiaire, Université/Centre de recherche)

Si l'une des parties se fait léser, elle souhaitera souvent ne pas véritablement s'engager dans le partenariat. S'il s'agit d'un centre de recherche, celui-ci peut aller jusqu'à occulter des résultats pour les garder pour des projets que les chercheurs trouvent plus intéressants.

Mettons que tu as une entente entre deux parties, et que l'un des deux ne garde rien à la fin (par exemple, en terme de propriété intellectuelle). Va-t-il mettre son coeur et son âme là dedans ?

Souvent, c'est les universitaires. C'est souvent eux la force de travail, mais eux qui ne reçoivent rien dans ces collaborations. Ça s'améliore, ça va dans la bonne direction, mais il y a encore de l'amélioration à faire (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Ce type d'attitude où la relation est asymétrique et verticale, où l'une des parties cherche à être privilégiée sur l'autre et la perte de confiance qui en résulte génère une relation tendue et artificielle. Cet échange extrait d'une entrevue illustre le point de vue d'un responsable du système de R&D.

J'ai l'impression qu'on n'arrive pas trop à avoir de situation *Win/Win* quand on signe des contrats.

Interviewer : C'est soit l'un, soit l'autre qui perd ou qui gagne ?

C'est ça, il y a comme un ressenti qui reste un peu...

Interviewer : Ressenti ici ou ressenti là-bas ?

Chez les fournisseurs. Parce que moi j'ai le sentiment que des fois on perd la confiance avec le fournisseur.

Interviewer : À cause de quoi ?

À cause d'une négociation qui n'est pas... qui... qui manquait un peu d'humanité.

Interviewer : Pourquoi ? Parce que c'est un département spécifique qui négocie ?

C'est la manière qu'on a, la manière un peu à l'ancienne. Je sais qu'on essaie de changer un peu à ce niveau-là, notre façon de nous comporter avec nos fournisseurs. Faire avec le fruit plutôt qu'avec la carotte.

Interviewer : C'est-à-dire ? C'est pour des questions financières ? Des négociations pour faire baisser les prix ? Des négociations sur les termes du contrat ? Autre chose ?

Un peu sur tout, c'est juste la manière d'être. Je pense qu'il y a une volonté de s'améliorer à ce niveau-là mais je trouve ça un peu trop unilatéral. Dans la manière d'être. On a du mal à se remettre en question par rapport à nos relations avec le fournisseur, par rapport à ce qu'on aurait mal fait ou par rapport au fait qu'on est en retard et qu'on ne peut pas tirer à bout portant sur quelqu'un pour qu'il fasse le boulot alors qu'on est un peu aussi coupable... et ça dépend du fournisseur, ça dépend des personnes qui *dealent* avec le fournisseur, mais c'est quand même assez fréquent comme comportement. **Je ne pense pas qu'on ait une très bonne relation avec nos fournisseurs en général.** Là ça va au-delà des frontières de mon département (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

La conséquence de ce type de pratiques est une collaboration de façade, qui se trouve être plus proche de la sous-traitance que de l'échange visant à co-créer.

On les *squeeze* beaucoup, on ne ressent pas ça comme un partenariat. Ce n'est pas « qu'est-ce qu'on peut essayer de faire pour que vous puissiez y arriver ? » Ce n'est pas on avance main dans la main vers un objectif commun. J'ai rarement ressenti ça avec des fournisseurs. C'est un style de management (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Or, si cette culture de collaboration n'est pas présente, les tentatives de rattrapage n'améliorent pas nécessairement la collaboration, voire peuvent la rendre encore plus difficile. L'absence de culture de collaboration entraîne une difficulté à comprendre les phénomènes en cours et à poser de bons diagnostics. Dans cet exemple, d'une grande entreprise qui cherche à s'améliorer, la solution retenue, en plus de ne pas vraiment changer la collaboration, dégrade les relations internes.

Il y a des projets pour essayer de contourner le problème. [...] Ça vient du *top management*. Mais des fois ce n'est pas nécessairement les meilleures solutions. Par exemple pour [tel projet] en ce moment pour que les fournisseurs travaillent correctement, c'est les VP qui se déplacent, et qui vont voir les VP des fournisseurs. Il n'a jamais été prouvé que des VP qui se parlent augmentaient le travail opérationnel en bout de ligne ou amélioreraient la cédule. Donc je suis un peu sceptique quant à cette opportunité d'amélioration de la relation. C'est l'ingénieur qui parle à l'ingénieur au final.

Interviewer : L'idée derrière est-elle de dire que si les VP vont discuter, par la suite, ça va faire de chaque côté une volonté pour que les ingénieurs communiquent entre eux ?

Oui, mais ça ne marche pas comme ça. Parce que du coup, il n'y a rien qui se passe si le VP ne va pas là-bas. Il y a comme un manque de confiance mutuelle. On ne voit pas pourquoi on *dealerait* avec le manager s'il y a le VP qui peut venir. [...] Au niveau hiérarchique ce n'est pas normal : théoriquement tu devrais laisser les gens décider. Tu n'as pas à te mêler de ça quand t'es VP, t'as pas à te mêler des problèmes techniques. Ça passe mal je pense. Ça n'améliore pas la relation (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

c) Dimension structurelle

Découlant de la dimension culturelle et de l'absence de confiance, les relations de R&D touchant à des aspects plus proches du marché sont difficiles.

Dès qu'on s'approche de trop du commercial ou du stratégique, ça devient difficile. Dans le cadre de partenariat de recherche, même si on est plus loin, cela joue quand même, comme l'accès aux données (Cadre intermédiaire, Université/Centre de recherche).

La structure de l'entreprise est fortement liée à sa culture. On retrouve ainsi, de par son organisation, l'absence de prise en compte des spécificités nécessaires à une collaboration.

Tu as affaire à une grande compagnie, puis la compagnie... C'est un problème de structure organisationnelle. Tu discutes avec un ingénieur puis le courant passe, t'es d'accord, le monde est merveilleux. Ensuite jamais l'ingénieur ne négocie de contrat. Dans certaines entreprises, l'ingénieur donne des consignes à l'avocat, mais dans bien des entreprises l'ingénieur ne dit rien à l'avocat. C'est l'avocat qui décide de tout ! L'avocat est toujours là pour obtenir le meilleur pour sa grande compagnie, c'est normal. C'est la nature de la grande entreprise puis de comment les contrats de collaboration sont faits. Je pense qu'il faut vraiment se poser la question de savoir ce qu'on a dans nos contrats. Je pense que c'est plus le contrat qui est le problème là. L'avocat fait son travail [...] L'avocat est là pour obtenir le plus pour son entreprise. Il négocie généralement des contrats avec des fournisseurs, pas avec des collaborateurs. Les contrats types dans les grandes entreprises c'est des contrats pour les fournisseurs, pas pour des collaborateurs [...] Je pense qu'il y a vraiment quelque chose qui doit changer là. Ça va venir. À l'heure actuelle, je pense que les directions vont dire « dorénavant on veut ça » (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Cette forme d'organisation provoque — de l'extérieur — un comportement que l'on pourrait qualifier de schizophrénique, d'une double ou multiple attitude, incohérente.

Nous, on va négocier un contrat avec un fournisseur et la manière dont nous on se comporte avec le fournisseur est complètement différente de la manière dont le *supply chain* et *sourcing* se comportent. En l'occurrence c'est eux qui négocient plus l'aspect commercial, nous on est plus au niveau de l'aspect technique, mais ça n'a rien à voir, on n'est pas aligné là-dessus par exemple (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Il peut également s'agir de la structure de l'industrie qui pose problème. Il y a une grande dissymétrie entre la taille des acteurs, entraînant trop souvent des relations de pouvoir.

Mais quand vous posez la question au petit fabricant de pièces ou la petite firme d'ingénierie qui essaie de percer dans le domaine et qui veut s'associer avec des gens comme XYZ Aircraft, ils vont leur dire « c'est trop petit, on ne peut pas vous demander ça. Il va falloir vous qualifier, faire ci, faire ça ... » Je pense que la volonté est là de tous, le résultat n'est pas là pour tous. C'est tout (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Les relations entre grandes et petites entreprises sont trop souvent tendues. « Elles sont difficiles, elles sont longues, mais pour des raisons de sécurité, de sûreté aérienne... » (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Selon plusieurs acteurs de grandes entreprises, il arrive également que, parce que les grandes entreprises disposent de moyens financiers que les PME n'ont pas, elles puissent être plus expertes qu'elles dans leurs domaines. Dans ce cas, ce n'est pas l'absence de volonté, mais l'absence de partenaire « à la hauteur » des attentes qui est la cause d'une absence de collaboration.

D'expérience, on a trouvé très peu d'experts externes encore. Même en travaillant avec des fournisseurs, on se rend compte qu'on en connaît parfois plus sur leurs technologies — sur certains aspects. Parce qu'on a des moyens d'étude qui peuvent être très spécifiques qu'eux n'ont pas nécessairement. On va tester nous même leur technologie, on va prédire pour connaître le comportement avant l'intégration. Lorsque c'est possible, on essaye d'aider nos sous-contractants. Mais ce n'est pas toujours possible (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Par ailleurs, l'industrie aéronautique est très structurée, et peu parfois aboutir à des non-sens comme l'illustre cet acteur :

C'est un secteur tellement formalisé, presque militarisé pour des raisons évidentes de sécurité sur les avions... une chaîne d'approvisionnements extrêmement structurée qui devient un impact négatif. Le sous-traitant de 4e niveau qui est au Québec, mais qui ne parlera jamais à celui qui intègre l'application ultimement qui est aussi au Québec... Ça paraît comme un peu loufoque, mais c'est la réalité. Alors tu as le sous-traitant de 4e niveau qui va parler au sous-traitant de 3e niveau qui est en Allemagne, qui va parler au sous-traitant de 2e niveau qui est en Chine qui va parler finalement au donneur d'ordre qui est au Québec... (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Des travaux sont faits du point de vue de la chaîne d'approvisionnement. Par ailleurs, les consortiums de recherche peuvent faciliter les liens entre petites et grandes entreprises, permettant de rapprocher des entreprises.

Des programmes comme les nôtres qui ne sont pas sur la chaîne d'approvisionnement, mais qui sont sur des projets de recherche, permettent de court-circuiter ce formalisme-là et de créer la confiance entre un partenaire d'un 4e niveau et un donneur d'ordre pour que le donneur d'ordre dise à sa chaîne d'approvisionnement « moi je veux travailler ultimement avec ce joueur-là » ou « je veux développer la technologie que celui-là propose et arrangez-vous pour que ça *fit* ». Donc je trouve c'est intéressant comme impact qu'on peut avoir pour briser le grand formalisme de la chaîne d'approvisionnement (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

d) Dimension juridique - Propriété intellectuelle

La dernière dimension limitative est celle de la propriété intellectuelle. On l'a vu section 7.4.3.4, cette dernière est très importante lors des collaborations.

Il y a la question de la propriété intellectuelle. Le *background* ou le *foreground*, donc celle qui est établie et celle qui sera à établir. Les gens doivent comprendre que ce genre d'endroit pour faire de la recherche collaborative, ce n'est pas dans ces endroits où on va se mettre à tout investir, ce que les compagnies veulent investir dans le contexte de la R&D. Il faut se garder une petite gêne. Il faut que cela demeure une fraction (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Si les ententes-cadres du type de celle du CRIAQ sont intéressantes parce qu'elles ont été négociées à travers un acteur tiers, les contrats directs entre grandes et petites entreprises posent souvent problème.

L'innovation technologique à l'interne dans les entreprises, c'est encore fait sous la forme de contrat avec une PME ou avec un centre de recherche. [...] C'est très difficile. Je reçois des échos des PME et des centres de recherche. Ce n'est pas des contrats... On est dans la recherche et le développement. Au CRIAQ c'est une entente-cadre, mais le travail est fait dans les universités. Ici, il n'y a pas d'entente-cadre, c'est des contrats des grands maîtres d'œuvre qui font un contrat avec une PME, donc qui a un pouvoir de négociation très très petit. [Chaque relation d'affaires entre un] maître d'œuvre et une PME est régie par un contrat ... rigide. [...] Je ne dis pas qu'il ne devrait pas y avoir de contrat ou qu'il devrait être très ouvert, pas du tout. C'est juste qu'on peut se poser la question. Moi je me pose la question : est-ce qu'il y a une alternative à ça ? Je ne sais pas (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Les discussions sur la propriété intellectuelle peuvent allonger — fortement dans certains cas — le début du projet. « Certaines universités et entreprises ont pratiquement pris 2 ans pour signer un document de quelques pages. Maintenant c'est fait et on essaie de rattraper le retard » (Cadre supérieur, Consortium de recherche). Plusieurs acteurs voient même le processus de gestion de la propriété intellectuelle comme une limite à la capacité d'innovation.

À l'heure actuelle, on peut se poser la question : est-ce que c'est un frein à l'innovation ? Parce que le contrat définit un travail qui est donné, qui est planifié, qui est accordé à une PME en échange de ... ? (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Par ailleurs, plusieurs chercheurs ont l'impression de perdre du temps dans des discussions qu'ils jugent stériles.

La propriété intellectuelle c'est toujours un frein, ce qui se passe, c'est que très souvent ça retarde les projets, ça c'est ...pfff... Je trouve que c'est le mal de tête qu'on doit dépasser à chaque fois lorsqu'on commence un projet. Aussi bien lorsqu'on va avec des universitaires qu'avec des partenaires industriels. Ce qu'on va trouver ça va revenir à qui, comment négocier ça ? C'est à chaque fois des discussions à n'en plus finir (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Ces questions relèvent de la non-linéarité du processus de création de connaissances, et du processus dialectique de celui-ci. Comment alors quantifier ou déterminer la paternité de la propriété intellectuelle ? Une solution toute faite est forcément artificielle.

Un brevet ce n'est pas toujours la solution. Des fois, tu ne peux pas t'assurer que tu as un *freedom to operate*, ta liberté d'utilisation de la technologie. [...] Après ça, on rentre tout de suite dans les redevances, qui a fait quoi ? Qui a travaillé plus que l'autre ? 10%, 15% ? Je trouve que ça vient déjà freiner le processus de création. Que dire de quelqu'un qui passe, lorsque tu es bloqué dans ta bulle depuis 3 semaines sur le même problème, que tu prends un café, que tu parles avec lui et qu'il te dit : « et tu as pensé à telle affaire ? »... « Non... c'est vrai ». Là tu viens de débloquer 3 semaines de travail. **Qu'est-ce qui a le plus de valeur ? Les 3 semaines de travail ou l'idée qui te fait avancer ?** C'est là que la propriété intellectuelle, ça devient super compliqué (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

À travers les limites, les clauses et la nécessaire réflexion sur les différentes clauses, penser la propriété intellectuelle finit par créer un climat de manque de confiance envers le partenaire, et rigidifie la relation à force de chercher à prévoir toutes les hypothèses potentielles et leurs conséquences. De la sorte, les négociations sur la propriété intellectuelle deviennent un *voleur potentiel* de savoirs.

On essaie de simplifier le plus possible ce genre de connaissances parce que très souvent ce genre de situations limite l'échange. **Ça nous rend très méfiants**, ça rend les situations... Ça ne marche pas, j'ai l'impression que ça freine beaucoup l'avancement des projets. Donc on est très méfiants, on ne sait pas ce qu'on va dire, ce qui doit être dit, ce qui va être divulgué, ce qui ne peut pas être divulgué... Ça peut être un frein, vraiment, un gros frein. On s'est trouvé dans des situations sur des projets où on pensait faire, on pensait avancer et puis finalement non, c'est arrêté (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Stratégies palliatives de propriété intellectuelle visant la collaboration

On observe deux types de stratégies vis-à-vis de ces problèmes de propriété intellectuelle. Tout d'abord, des stratégies d'évitement ou de limitation : l'objectif est alors de limiter les collaborations pour ne pas risquer de perte de propriété intellectuelle. Ainsi, afin de pouvoir collaborer sans mettre en péril l'existence de la compagnie, plusieurs compagnies ne collaborent que sur des aspects non stratégiques, afin de ne pas perdre leurs compétences distinctives.

Je ne sais pas le chiffre exact, mais ce qu'on fait en termes de recherches collaboratives n'est que de 10-15% de la recherche totale que nous faisons, donc x% il faut que ça ne soit qu'une tranche. Ce qui crée des problèmes c'est qu'il y a des gens qui font mal cette tranche, qui la définissent mal au départ selon le contexte de leur programme de développement, de R&D. Et là ils vont mettre en jeu des choses qui leur sont beaucoup trop chères pour faire fonctionner ce genre de travail, de partenariat, de travail collaboratif. Donc autrement dit, ils n'utilisent pas l'outil de la bonne façon ou ils le voient de la mauvaise façon, c'est-à-dire que ce n'est pas là où on doit déployer ou rendre accessibles nos secrets sur lesquels les succès techniques dont notre entreprise dispose, non. **Au contraire, c'est de construire ensemble. Donc nous, avec cette approche, ce qu'on fait c'est qu'on fait une ségrégation très nette entre les projets de recherche collaboratifs et les projets de recherche privés** (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Les grandes entreprises adoptent également des stratégies de gestion de la propriété intellectuelle pour éviter de perdre le contrôle sur des connaissances et technologies stratégiques.

[Les grandes entreprises] font très attention à ce que ce ne soit pas leurs bijoux et leurs secrets les mieux gardés qui soient exposés, ou qui soient mis en jeu. Donc eux, ce qu'ils font ils ont une liste de projets de recherche à l'interne, je ne sais pas moi 200 titres ou 500 titres de projets de recherche. Ils prennent les 5 derniers ou ils en prennent 5 quelque part je ne sais pas, mais sûrement pas les 5 premiers (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Le deuxième type de stratégie vise à amoindrir les aspects limitants du contrat. Cela peut être basé sur l'augmentation de la relation entre les partenaires, afin de développer la relation à long terme et la confiance entre partenaires.

Il y a certaines formes de contrat où l'entreprise s'engage à faire des choses, elle va avoir plus ... Ce n'est pas un contrat de service, l'entreprise va aller au-delà de rendre un service. Il va y avoir beaucoup de contribution en nature. Mais ça demeure un contrat là (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Il y a également la possibilité de recourir à un acteur tiers déterminant une entente type par laquelle les partenaires passent pour collaborer comme dans le cas de l'entente du CRIAQ.

La difficulté de signer des contrats, ça fait partie des problèmes liés à la collaboration ... C'est un des avantages du CRIAQ que de proposer un modèle où les choses sont déjà faites. Ça a duré des années pour finaliser un contrat type. Et là, ça paie (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

7.4.4.2. Des pratiques de collaboration s'enrichissant

D'après plusieurs acteurs, les pratiques de collaboration au sein du système de R&D de la grappe aéronautique sont en cours de mutation. « Ça change vite. C'est très, très, très fermé puis c'est à sens unique. Ce n'est pas un mariage égalitaire. Jamais. Mais c'est en changement, à très très grande vitesse » (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Cela peut être causé par un changement sur l'objet de la collaboration, celles-ci se faisant actuellement plus sur des produits que sur des technologies. Or travailler sur des technologies permettrait d'augmenter la collaboration, en ne travaillant plus l'un à côté de l'autre chacun dans sa spécialité, mais véritablement l'un avec l'autre, désilotant la répartition du travail de R&D dans l'industrie.

[Actuellement], si XYZ Aircraft veut un [produit], il vient nous voir pour développer [telle partie], on travaille avec eux ce n'est pas nouveau. Mais on ne développe pas la technologie ensemble, on travaille pour faire un produit. On n'a pas travaillé pour faire ce qu'on appelle une *technology demo* ensemble. On ne fait pas ça. On fait ça séparés. Ça, c'est nouveau... Les Européens ont été capables de faire ça (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

On a ce qu'on pourrait qualifier de coopération⁴⁶, ou de collaboration pauvre relevant des facteurs décrits dans la section 7.4.4.1. Les relations se font souvent avec peu d'interactions entre acteurs, sur le mode du donneur d'ordre-exécutant. Une fois la relation établie, il est difficile de sortir de ce mode de travail. Cela peut venir d'une forme *d'habitude* à, comme l'explique ce responsable de R&D décrivant ce type de relations entre université et entreprise.

Dans les autres entreprises, ça fonctionne beaucoup, beaucoup comme ça. [...] Les universitaires ou centres de recherche apportent ces pratiques-là parce qu'ils ont l'habitude d'avoir ce type de pratiques avec d'autres entreprises. Pourquoi pas avec [notre entreprise] ?

⁴⁶ Au sens littéral, deux acteurs *co-opérant*.

Non. Ils savent très bien qu'avec nous, ce n'est pas comme ça (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Souvent, collaborer fait peur, car c'est montrer à l'autre son processus de production interne, avec la peur que celui-ci ne corresponde pas aux attentes du partenaire, comme l'illustre le même responsable de R&D dans un cas de codéveloppement avec un partenaire.

On se trouve dans des situations où on rentre, on a un projet de collaboration et puis parfois on a l'impression que c'est comme s'il n'y avait pas de partage, comme si « tiens, pourquoi il dit qu'il va donner l'information et puis d'un coup il ne l'a pas donné, qu'est-ce qu'il se passe ? » [...] Dans la situation où on s'est trouvé c'était beaucoup d'incompréhension, beaucoup de craintes que « ouais, si je donne l'information, si l'information n'est pas correcte, c'est quoi l'idée qu'ils vont se faire de nous ? » C'est un peu ça. Ça, c'est avec les partenaires industriels qui d'habitude seraient nos sous-traitants ou nos fournisseurs. Il y a cette attitude un peu bizarre puis il a fallu mettre les choses au point et leur dire « regardez pour nous vous n'êtes pas notre fournisseur, on est en R&D, les gens qui vont *dealer* avec vous quand vous allez être fournisseur on les connaît même pas ok ? Donc nous on est en développement, vous êtes nos partenaires, on est en train de développer des choses ensemble donc ne dites pas "non, je donne ça quand ce sera parfait". Non non, regardez, vous avez vu tous les brouillons qu'on vous envoie nous ? » (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

On retrouve la même attitude chez des universitaires. La relation donneur d'ordre-contractant biaise la relation, par peur de montrer ses faiblesses. C'est au donneur d'ordre d'arriver à donner confiance pour avancer.

Pour les universités, c'est la même chose. Elles essaient de dire au début — j'ai vu ça avec plusieurs — « regardez on est capable, on peut » pour avoir le partenariat, et puis après quand on entre au moment de travailler, elles ont peur de fournir quelque chose qui pourrait montrer qu'elles ne sont pas capables. Très souvent. « Mais j'attends, vous m'avez dit qu'on aurait un rapport, il est où le rapport ? On veut un brouillon, on va discuter ensemble » et puis très souvent ça tarde, ça tarde à cause de ça. Je pense qu'il y a beaucoup de craintes par rapport au donneur d'ordres. Peut-être que si on n'avait pas été un donneur d'ordres ça aurait été différent. Je ne sais pas. Parce qu'on est le donneur d'ordre, il y a un peu cette crainte-là. Je l'ai vu avec les industriels, les universitaires. [...] Ils ont tout de suite une attitude, en disant « oh oui ils vont dire qu'on est nuls, qu'on n'est pas capables de faire ça donc nous on va donner quelque chose de bien ficelé » (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Chacun joue le rôle qu'il s'attend à ce que son partenaire le voie jouer. C'est là que l'attitude du maître d'œuvre est essentielle pour influencer le type de relation qui sera effectif, et faire évoluer celle-ci afin d'observer des modifications dans l'attitude de son partenaire.

Interviewer : Comment qualifier l'ambiance et le niveau de partage d'informations à l'intérieur des projets ?

En évolution, en très, très grande évolution et très rapide. Au point de départ, le nom des PME participantes était confidentiel. En date d'aujourd'hui, les entreprises ont tenu une assemblée,

où ils ont invité les PME participantes, donc il n'y avait pas de journalistes invités, on n'est pas rendu là, mais il y a une ouverture qui se crée. Ce sont des entreprises qui ont quand même un fonctionnement très encadré, sur le plan de la confidentialité, et qui ont des craintes, mais il y a certains domaines où ça change (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

L'attitude liée au mode de collaboration se révèle extrêmement importante pour sortir de cette spirale, les acteurs devant s'entendre sur le mode de travail qu'ils souhaitent adopter.

On pense aller en partenariat avec une entreprise ou un centre de recherche universitaire et puis ça s'arrête. On ne continue plus, parce que je dirais qu'il y a une différence [...] de vision du développement. Parfois lorsqu'on fait affaire avec des universitaires qui ne voient pas l'innovation de la même manière qu'on la voit, il y a beaucoup d'échanges... « Donne-moi ton cahier des charges, je vais te faire le travail et puis je te donne un rapport » — « euh... nous on ne rentre pas là-dedans ». Beaucoup de compagnies n'ont pas de problèmes avec ça. « OK, je te dis ce que tu dois faire, fais-moi le travail, je te paie, tu me donnes mon rapport, tout ça m'appartient et puis au revoir, tout le monde va de son côté ». On a fait un groupe de R&D parce qu'on veut apprendre. Donc si on donne du travail aux autres, et que les autres font tout le travail et nous donnent un rapport à la fin, dans tout le processus on n'a rien appris et on refuse d'aller dans ça. Il y en a beaucoup qui ont appris à faire autrement et dès le départ quand on commence avec eux, ils prennent cette attitude « donnez-nous le cahier des charges et on va vous le faire ». Non, on ne veut pas ! C'est toujours une attitude comme ça, et puis on a arrêté dès le départ, on n'a pas continué. On l'a fait à deux reprises en deux ans, on a arrêté carrément (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Ce type d'attitude est à mettre en place dès l'initiation de la collaboration. « Si au départ c'est clair que ça va être une collaboration, je pense qu'après, petit à petit, ils se détendent et ça va bien. [...] c'est vraiment au départ qu'on institutionnalise la relation, la collaboration » (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Or ce mode de collaboration est riche pour les deux parties, apprenant l'une de l'autre (cf. section 7.4.3.2), mais également construisant une relation de confiance sur la durée.

La collaboration, si elle a vraiment lieu, la vraie collaboration, ça ne peut qu'enrichir. C'est définitif ! On apprend tellement, que ce soit avec nos partenaires industriels ou avec nos partenaires universitaires, on apprend tellement, c'est incroyable. Et puis eux-mêmes nous disent « oh, mais je n'avais jamais su que ce type de procédé existait et qu'en plus on le faisait sur les pièces d'avions ». Les gens, c'est des deux côtés qu'il y a beaucoup d'évolution, d'apprentissage. C'est vraiment très important (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Une fois ce type de collaboration débuté, des échanges fréquents sont nécessaires basés sur la confiance et le co-apprentissage (voir l'exemple de l'Encadré 7.4).

Encadré 7.4 - Exemple d'une collaboration avec échanges fréquents

Avec l'externe on a beaucoup d'échanges. Au niveau des contacts, des réunions qu'on fait à l'interne etc., on fait exactement la même chose avec nos partenaires externes. On a un des projets, je vois les gars ils ont régulièrement toutes les semaines une réunion, enfin un appel-conférence. Toutes les semaines. Dans un autre projet, on le fait tous les mois, avec une université, pour connaître l'avancement. On a même parfois les étudiants ici, donc les professeurs sont obligés de savoir ce que font leurs étudiants. Du coup, ils viennent ici. On suit le travail de manière très très proche. Il y a vraiment un contact permanent. Ce n'est pas basique. Il y a beaucoup, beaucoup d'échanges avec notre partenaire. D'abord parce qu'on ne veut pas qu'il aille faire son truc de son côté, puis qu'il arrive « mais non c'est pas comme ça ». On perdrait du temps, donc on veut toujours être sûr qu'on travaille tous sur le même principe, le même concept et puis c'est en discutant très souvent que nous, on apprend. Eux aussi ils apprennent, parce qu'au départ ils ne comprennent vraiment pas ce qu'on fait dans notre industrie, ils ne se rendent pas compte, et ils apprennent au fil du temps. Et c'est intéressant, parce qu'à ce moment-là, on a des partenaires. Et même si j'ai fini ce projet et que je rentre dans un nouveau projet, je sais déjà qu'ils sont au courant de nos pratiques, de ce qu'on fait dans notre industrie, et c'est génial, je n'ai plus à leur dire, à leur apprendre, ils sont là, ils sont au courant. Ça, c'est vraiment intéressant, ça nous fait des équipes universitaires qui sont au courant de ce qu'on fait. Donc on reste vraiment très en contact. Je vois même au niveau des projets CRIAQ on doit se rencontrer tous les 6 mois. Non non non, tous les mois appel-conférence, tous les 3 mois on se voit parce que sinon... Surtout les projets CRIAQ, c'est les universités qui font le travail c'est pas nous c'est vraiment les universités. Je refuse qu'on soit des pourvoyeurs de dollars point à la ligne et puis après, tu me donnes le travail et au revoir tout le monde (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Ce type de collaboration plus riche nécessite de se mettre au niveau de son partenaire, et donc d'abandonner l'attitude de contrôle que l'on peut retrouver dans plusieurs systèmes managériaux d'entreprises de l'industrie.

Je pense qu'il y a moyen de trouver... Moi j'en ai fait des collaborations dans des environnements gagnants-gagnants, mais il faut enlever ces notions de responsabilité de

travail, d'équipe où on veut savoir qui a fait plus que qui, qui amène plus d'idée ou plus d'argent. [...] C'est encore une question monétaire : je mets plus d'argent donc j'en ai plus, je suis plus gros donc j'en ai plus. C'est quoi l'encouragement d'une PME de donner ses bonnes idées ? Elle n'a pas l'argent pour payer un avocat (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Il est également fondamental de reconnaître la place de la **dimension humaine** au sein de la collaboration. « La vraie collaboration, elle se fait au niveau de l'individu ». Il y a le risque de se focaliser sur les aspects formels, ou mesurables, de rester collé sur les « bonnes pratiques de gestion », pas nécessairement adaptées au contexte, ni même parfois à l'humain, empêchant l'établissement d'une *relation conviviale*.

Il se peut qu'il y ait du favoritisme à travailler avec une autre institution, parce qu'on a une bonne relation avec eux. « Eh bien, je suis habitué à traiter avec untel, et je veux continuer à traiter avec untel parce que nous avons une bonne relation de travail ». OK, il faut reconnaître l'être humain... nous ne sommes pas des robots, non ? (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Par exemple, selon que l'objectif soit mis sur la protection de la propriété intellectuelle ou sur l'apprentissage et la création de connaissance, les modes de collaborations donnent des résultats différents.

Il y a toujours deux aspects. Il y a celui de la propriété intellectuelle, mais à notre niveau de maîtrise, la collaboration vise surtout à accélérer l'apprentissage. Si nous le faisons par nous-mêmes, nous ne serions pas aptes à monter la courbe d'apprentissage si rapidement (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Or, si la protection de la propriété intellectuelle est importante, elle peut tuer la capacité à créer de nouveaux savoirs.

Je pense que l'avocat est essentiel [...], mais il faut ramener ça au niveau de créer un écosystème pour l'individu. Tu peux mettre des lignes et des lignes de risques, pour les éliminer. Mais tu élimines aussi la créativité (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

7.4.5. Interaction avion vert - collaboration

Concernant le lien entre l'avion vert et la collaboration au sein du système de R&D, on retrouve trois perceptions différentes chez les acteurs. Une première perception voit un lien concomitant, une corrélation, mais sans relation directe. Une deuxième perception considère un ensemble de facteurs indirects entre collaboration et avion vert. Enfin, une troisième perception consiste en une relation directe entre les deux phénomènes. Ces trois perceptions sont détaillées dans les sous-sections suivantes.

7.4.5.1. Perception 1 : une corrélation

Pour plusieurs acteurs, la collaboration et l'avion vert ne sont pas liés par une causalité, mais se retrouvent tous les deux être des phénomènes apparus dans le même temps.

La nature de ces collaborations est-elle en lien avec le fait qu'on soit plus vert ? Non. On est vert parce que ça va avec nos projets techniques, nos défis techniques. On est-tu plus vert à cause des collaborations qu'on fait ? Non. (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Pour plusieurs acteurs, les recherches se font aujourd'hui principalement sur des questions liées à l'avion vert (cf. Chapitre 6). Donc il est normal que la majorité des collaborations se fassent dans les domaines de recherche actuels.

Interviewer : Y a-t-il un lien entre la nature verte de l'avion et la collaboration ?

Non, je dirai simplement que la majorité des projets actuels sont dans le domaine de l'avion vert, la majorité des collaborations actuelles sont dans ce domaine-là. Ce serait plutôt dans ce domaine-là (Cadre supérieur, Maître d'œuvre).

Ainsi, on aurait d'un côté le système de R&D qui s'orienterait vers l'avion vert. D'un autre côté, le système de R&D utiliserait la collaboration comme moyen efficace de création de connaissances et d'innovation. Les deux phénomènes seraient concomitants, mais sans lien direct, tel qu'illustré sur la Figure 7.11.

Je considère que ce qu'on fait c'est du développement technologique, ça donne ultimement un aspect vert à ce que l'on fait, mais est-ce que l'aspect vert va influencer la manière de travailler, je dirais non. C'est l'organisation de la gestion de la technologie, que ce soit vert ou non... (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

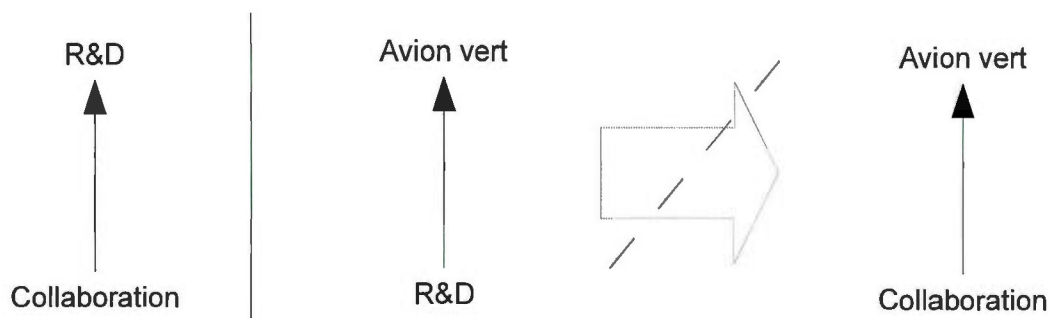


Figure 7.11 - Perception 1 du lien entre l'avion vert et la collaboration : une corrélation et non causalité

7.4.5.2. Perception 2 : des liens indirects entre avion vert et collaboration

Cette seconde perception repose sur l'existence de facteurs intermédiaires entre la collaboration et l'avion vert. L'un ne serait pas immédiatement la cause de l'autre, mais serait relié indirectement par un ensemble de facteurs. C'est cette seconde perception qui regroupe la majorité des acteurs.

a) L'avion vert comme cause indirecte de la collaboration

Pour plusieurs acteurs, la collaboration est nécessaire lorsqu'il est question de développer l'avion vert.

Les projets verts ont besoin de plus de collaboration que les projets non verts. Vous pouvez développer un projet non vert complètement à l'intérieur avec vos vieilles méthodes. À partir du moment où vous mettez des exigences environnementales, vous avez besoin d'aide de collaborateurs hors champ. Automatiquement vous avez besoin de collaboration. L'un attire l'autre, mais l'un ne peut pas vivre sans l'autre (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

L'une des principales raisons est le **manque de connaissances environnementales** de nombre d'entreprises (cf. la section 7.3.2.1), nécessitant un fort rattrapage à travers des collaborations tissées avec l'extérieur.

Le nombre de projets environnementaux sur lesquels nous collaborons est plus important que le nombre de projets environnementaux sur lesquels nous travaillons seuls. Parce que je crois que notre niveau de connaissances est tel que c'est bien plus bénéfique pour nous de collaborer sur les questions environnementales que de faire le travail par nous-mêmes. Il y a plus de valeur ajoutée à collaborer.

Avec un faible niveau de connaissances environnementales, le mieux pour apprendre, c'est de collaborer avec des gens qui sont meilleurs, plus intelligents, plus informés. [...] Une entreprise qui a seulement fait des produits en aluminium avant, et maintenant cherche à travailler avec des composites part de loin. Il faut entamer le dialogue avec les personnes qui peuvent nous dire comment faire nos produits en composite. Faire de la collaboration verte, c'est nous permettre de mener ces projets (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Le contexte étant approprié à l'avion vert, et les connaissances étant faibles, il y a un rattrapage technologique nécessaire de nombre d'entreprises, afin de se mettre au niveau des attentes stratégiques de l'industrie, permettant un tel transfert de savoir à moindre coût.

Le projet vert en lui-même non. Maintenant le contexte économique dans lequel on est, qui pousse l'économie verte, fait que moi, en tant qu'industriel, d'investir x millions de dollars dans un centre de développement, si j'en investis beaucoup moins, même quelques centaines de milliers de moins dans un groupe commun, c'est plus intéressant pour moi. Ce n'était peut-être pas le cas il y a plusieurs années, et ça ne sera peut-être pas le cas dans quelques années, mais à l'heure actuelle faire un projet d'innovation, ça peut être très intéressant de le faire en collaboration : les technologies deviennent de plus en plus poussées, il y a besoin de spécificités très fortes, donc c'est difficile pour une entreprise d'avoir toutes ces spécificités-là, et c'est donc plus facile de le couper en morceaux et de travailler avec les autres (Analyste/ingénieur, Consortium de recherche).

Il est également intéressant de remarquer que le manque général de connaissances environnementales fait en sorte qu'il **n'y a que peu de technologies ou de connaissances clés à protéger** dans le domaine environnemental, puisque ces dernières n'ont pas encore été développées. Une entreprise souhaitant collaborer peut vouloir protéger la propriété intellectuelle issue du projet, mais n'a pas nécessairement — dans le domaine environnemental — un grand stock de technologies clés déjà existantes qu'elle ne voudrait pas partager pour éviter les risques de fuite (cf. la section 7.4.3.4).

Les projets sur lesquels on ne collabore pas sont ceux sur lesquels les technologies correspondent à un avantage compétitif que nous avons. On ne collabore pas s'il y a des enjeux majeurs en terme de propriété intellectuelle, des enjeux de défense ou sur des technologies clés. [...] Je crois que c'est relié à la courbe d'apprentissage. Si on ne comprend pas, on va essayer d'apprendre, et là on va bénéficier de la collaboration pour grimper plus vite dans les connaissances (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Un autre des effets de l'avion vert est de **donner un sens au travail** de l'individu (cf. Chapitre 6, section 6.3.2.2). De la sorte, en se réinvestissant au travail, il est plus motivant d'avancer plus vite, mais également de partager cette capacité à créer du sens avec d'autres, ce qui donne un nouvel objectif de collaboration. Cette question du sens sera discutée dans le chapitre 8.

Je trouve que c'est plus gratifiant de se dire qu'on participe à améliorer la vie en général et la vie de nos enfants. Pour moi, c'est plus au niveau de l'humain et au niveau de la motivation du groupe donc indirectement ça impacte la collaboration. Parce qu'on le fait pour un objectif qui est sain, on ne le fait pas pour de l'argent ou... ça rajoute une dimension en fait à la collaboration (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Par ailleurs, l'avion vert correspond à un **projet fédérateur** ou **mobilisateur** au niveau de l'industrie (cf. la section 7.4.3.2.c).

Les projets verts permettent de donner une communauté d'objectifs à des gens qui n'en ont peut-être pas. L'avion vert nous a permis de nous rapprocher du fabricant de train d'atterrissage, du fabricant d'avions, parce que tous nous avons le même objectif de réduire de 50% les émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Ça nous donne un but commun, et dans ce sens, cela favorise les collaborations (Cadre supérieur, Maître d'œuvre).

Ce projet fédérateur n'est pas soumis à une concurrence, mais permet au contraire de construire un écosystème de coopération. Il s'agit alors pour les acteurs (entreprises, États, universités, etc.) de s'entendre sur la construction d'une vision partagée du futur vers lequel elles souhaitent se diriger et de la traduire en une vision technologique unifiée (cf. la section 7.4.3.5).

Si l'on parle des gains environnementaux, c'est quelque chose qui rejoint tout le monde [...] Il n'y a personne qui est contre et puis ils ne sont pas en concurrence l'un contre l'autre pour un gain environnemental alors c'est quelque chose sur lequel c'est facile de partager puis c'est très facile de collaborer. Le climat change rapidement (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

En procédant de la sorte, le futur devient plus clair, plus prévisible et il est donc plus simple de tracer la voie stratégique, de déterminer la voie technologique à suivre (cf. le Chapitre 6, section 6.2), et les partenariats à privilégier pour y demeurer actif dans le secteur aéronautique.

Les PME qui regardent le secteur en entier s'en aller vers des avions plus verts se disent ils faut être prêt pour avoir des parts de marché, il faudrait qu'on collabore avec des gens pour s'en aller dans cette direction. C'est un projet mobilisateur. Que tout le monde se dise, si on travaille sur ça, on va être prêt pour ce qui s'en vient (Cadre supérieur, Maître d'œuvre).

Or, l'un des avantages de l'avion vert comme projet mobilisateur est qu'il ne porte pas à controverse sur le fond — la conception d'un avion moins polluant —, car il s'agit d'un intérêt collectif, ce qui permet plus facilement de s'entendre sur la forme des collaborations.

Je pense que le vert va favoriser les collaborations, parce que l'environnement, c'est un objectif qui fait consensus, comme la qualité et la fiabilité. C'est quelque chose de positif.

Quand on dit à quelqu'un qu'on va travailler à rendre le monde meilleur, généralement, il va t'aider. Là, ce n'est pas dans l'objectif d'aller faire du profit dans le dos de quelqu'un. C'est beaucoup plus, engageant. Une fois que tout le monde s'entend sur ce qui est important (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Ainsi, pour plusieurs acteurs, si le programme SA2GE peut développer des technologies à des niveaux de TRL plus élevés, c'est parce que ces technologies s'intègrent dans le programme de l'avion vert.

Interviewer : Selon vous, un projet vert favorise-t-il ou défavorise-t-il un projet de collaboration ?

Favorise énormément. Parce que c'est non concurrentiel. [...] CRIAQ, c'est pré-concurrentiel, puis encore c'est souvent des projets à la limite. SA2GE c'est dans le concurrentiel alors peut-on vraiment collaborer ? C'est pour ça que c'est tellement fermé entre chaque grande entreprise et sa PME ou les différentes PME. C'est très, très fermé puis contractuel. Le fait que ce soit de l'innovation verte, c'est ça qui va favoriser les collaborations là-dedans. Absolument (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Il ne s'agit pas que de bonnes intentions, puisque les maîtres d'œuvre et grandes entreprises du secteur ont vraiment été chercher la participation des PME sur ces projets, leur permettant de créer une dynamique de création de savoir et d'innovation visant l'avion vert.

Les entreprises ont démontré que, oui, elles sont de bonne foi. Elles ont démontré qu'elles cherchent à mobiliser des PME, à atteindre des gains environnementaux et concrétiser des innovations technologiques. Quand tu montres que tu as réellement été capable de mobiliser des PME, je pense qu'après ça, tu as beaucoup plus de crédibilité à aller demander du financement dans le futur. [...] les pratiques sont en train d'être modifiées (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Ainsi, l'avion vert impacte le choix des partenaires, au même titre que d'autres critères comme la qualité, le prix, etc. « Le choix des fournisseurs et des partenaires s'aligne sur le fait que l'avion soit plus écoresponsable [...] Le choix des partenaires, de la collaboration avec eux doit au moins s'aligner dans le même sens que nous autres » (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

b) La collaboration comme cause indirecte de l'avion vert

Plusieurs acteurs voient également la collaboration comme source indirecte de R&D sur le thème de l'avion vert.

Tout d'abord, parce qu'il s'agit d'**une demande des consortiums de recherche** comme SA2GE ou GARDN. Les entreprises souhaitant collaborer au sein de ces programmes pour bénéficier des avantages perçus doivent développer des connaissances visant l'avion vert.

Il y a des forums comme SA2GE et GARDN qui sont axés vers l'avion vert. Nous on est impliqué là-dedans, donc conséquemment ça nous aide au niveau des collaborations. Quand je vais au comité GARDN, il y a des compagnies qui s'intéressent à ça et qui développent une certaine complémentarité. Donc je dirais que le fait que ce soit vert, c'est les organisations du type SA2GE ou GARDN qui peuvent faciliter la collaboration (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

Les entreprises souhaitant bénéficier des **moyens de financement** du système de R&D alloués à la collaboration (cf. la section 7.4.2.2.3.a) doivent viser à une amélioration environnementale dans leurs recherches. « Ça brasse beaucoup de collaborations autour de projets verts. Quand il y a de l'argent, il y a des choses qui se passent... » (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Par ailleurs, la collaboration est un mode d'organisation du système de R&D qui **permet d'affronter des défis complexes** plus importants (cf. la section 7.3.2.1), grâce à une plus grande multidisciplinarité des équipes. L'avion vert étant plus particulièrement multidisciplinaire et complexe, la collaboration permet de relever les défis associés, qu'il aurait été difficile ou trop coûteux de développer uniquement au sein d'une organisation.

L'environnement devient un élément différenciateur, qu'il faut tous poursuivre, mais c'est plus parce que tu ne peux pas poursuivre un développement technologique tout seul aujourd'hui que ça t'amène à collaborer. Pas parce que c'est vert à mon avis (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

En collaborant, les PME bénéficient également du savoir-faire que les grandes entreprises développent en **analyse environnementale**. Elles s'améliorent alors sur les problématiques touchant à l'avion vert sans que ce ne soit le but originel.

Tout ça converge, parce qu'on revient aux notions de mobilisation avec les PME. [...] Les PME n'ont pas de spécialistes en analyse environnementale. Par contre, si le niveau d'implication des PME augmente et que les analyses environnementales deviennent une étape régulière et fréquente [de notre travail], alors ça va percoler. Je pense que ça ne peut pas se faire autrement (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

La Figure 7.12 synthétise ces différents effets indirects entre avion vert et collaboration que l'on retrouve dans cette seconde perception.

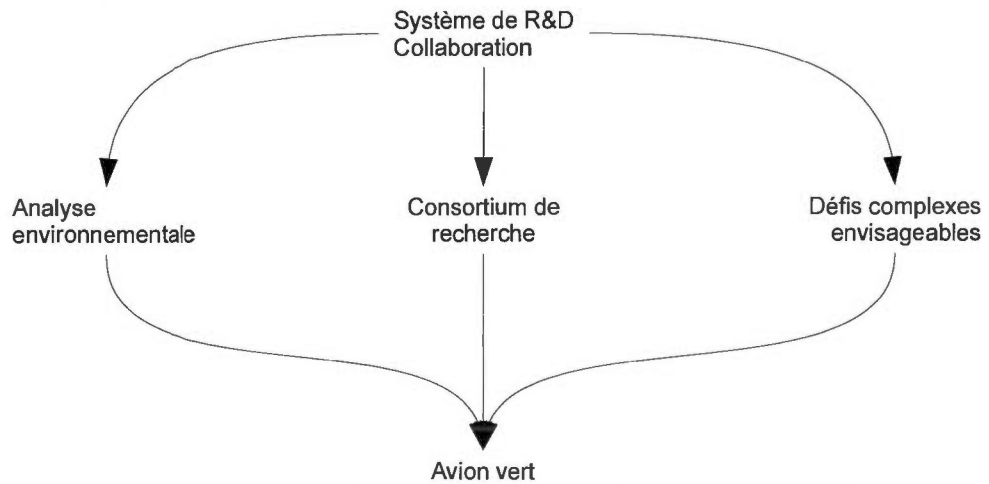
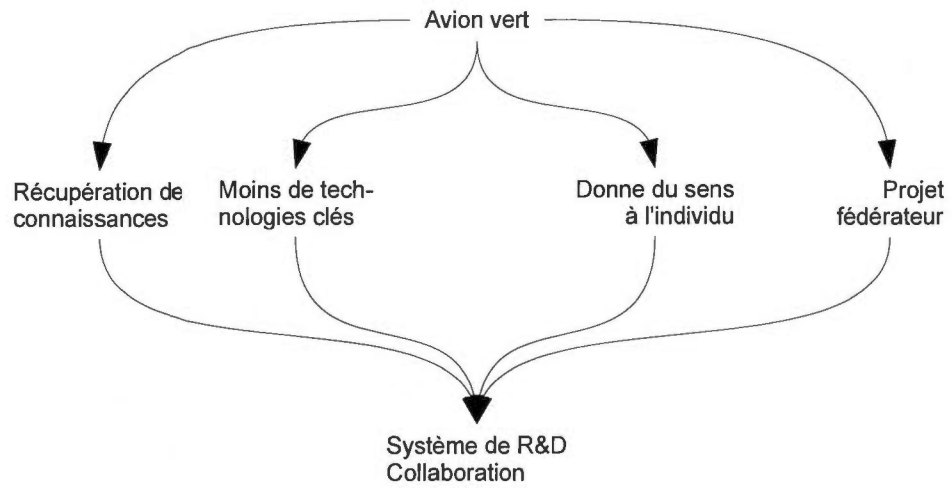


Figure 7.12 - Perception 2 du lien entre l'avion vert et la collaboration : des liens indirects

7.4.5.3. Perception 3 : Des liens forts entre collaboration et avion vert faisant système

La troisième perception des acteurs entre la collaboration et l'avion vert est un lien fort entre les deux. Certains acteurs vont même jusqu'à qualifier la collaboration de pratique verte par l'efficacité qu'elle entraîne, tel que l'illustre ce responsable de R&D :

Le travail collaboratif en soi est une action verte, parce que ça combine des compétences, des connaissances, de l'expérience, ne réinvente pas la roue à tout coup. Et puis ça permet une grande efficacité, d'aller plus vite, plus loin, donc c'est vert ça (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Il y a petit à petit à travers le changement de regard des acteurs, une modification de la nature de la collaboration, un **passage d'une collaboration pauvre à une collaboration forte**.

Ce n'est plus un rapport « je te donne de l'argent, et tu remplis ton contrat ». On le fait ensemble et j'ai l'impression que quand c'est vert, on a tendance à vouloir plus apprendre de l'autre et à plus collaborer (Analyste/ingénieur, Maître d'œuvre).

Ces changements se font graduellement, ils arrivent petit à petit, mais sont bien réels. Par exemple, ce cas de création d'un indicateur environnemental (voir également l'Encadré 7.5), né de la collaboration entre acteurs, des interactions résultant des efforts de collaboration.

Interviewer : Dans quelles mesures les collaborations diverses et variées ont un lien avec la nature verte des projets ?

Jusqu'ici, il n'y avait rien. Je crois qu'avec ce qu'on a démarré là, l'équipe d'analyse de recherche environnementale, ça va créer quelque chose, ça va être une première — Recherche des indicateurs de performance [...] Ce n'est pas un projet et ce n'est pas une équipe de recherche. C'est une équipe de spécialistes qui vont partager leurs meilleures pratiques et possiblement décider de développer des indicateurs de performance, mais ça reste à voir. C'est du partage de connaissances à ce moment-ci. On en est aux balbutiements.

Interviewer : Sans avoir une idée vague de là où ça s'en va ?

Pas du tout (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Encadré 7.5 - Un exemple de connaissances codéveloppées : le développement en cours d'indicateurs environnementaux dans le cadre de SA2GE

Pourquoi un indicateur environnemental ? « Là, ce qu'on est en train d'essayer de développer c'est des indicateurs de performance pour des gains environnementaux [...]. Au niveau des entreprises, il y a une grande variabilité sur les ressources en ... analystes environnementaux. Il y a les outils, puis ensuite la nature des projets, mais au bout du compte, on reçoit des rapports et là on se rend compte qu'il n'en est pas question, il n'y a aucune information fournie. Ou alors il y a une information fournie incompréhensible. Ou alors d'une entreprise à une autre on est incapable de faire un lien » (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

« Ce qu'on essaie de faire, ça prend une référence, donc un avion lambda, avec tant de poids, tant de passagers pour la destination A vers B. Un avion vert, c'est qu'est-ce qu'on peut faire par rapport à ce vol de référence pour diminuer la consommation d'essence. Donc l'avion vert c'est toujours une amélioration ou une réduction de consommation d'essence et d'émissions polluantes pour une référence donnée » (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

« On doit aussi démontrer autant que possible, que ce soit aux clients potentiels ou au gouvernement, les gains possibles en réduction de consommation d'essence, ce n'est pas facile. On le voit aussi avec SA2GE, pour essayer de quantifier les gains en *environment footprint*, ça peut être très compliqué. C'est de la modélisation, il faut établir une référence. C'est un aspect qu'on peut qualifier assez facilement. [...] Des vols ont été faits avec des avions modifiés, pas modifiés... C'est les meilleurs *data points* que j'ai pour l'instant » (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

« [C'est important] parce que le gouvernement, ou les clients, demandent combien ils économisent... Le gouvernement nous donne de l'assistance, et ils aimeraient savoir avec l'argent qu'ils investissent, quels gains ils ont eus... C'est qualificatif. [...] D'un point de vue politique aussi, je suppose que s'ils peuvent mettre un chiffre sur le gouvernement investit tant, et à eu tant de barils de pétrole sauvés... » (Cadre intermédiaire, Intégrateur/Équipementier).

La phase d'idéation : « Bon au départ, c'était une exigence contractuelle et on s'est rendu compte que l'exigence n'est pas respectée. À ce jour, ça n'a pas encore été respecté. On se dit « est-ce qu'on pense que ça va être fait prochainement ? » Là, on se rend compte que non parce qu'il y a plein de raisons pour lesquelles ça ne fonctionne pas, alors on en discute avec les partenaires industriels. Toujours la première réaction, c'est la réaction de dire « ils exigent, on refuse, on essaie de négocier ». Mais un des partenaires au contraire a dit « non, non, c'est à notre avantage, peu importe quelles sont les exigences, c'est à notre avantage d'en faire le plus possible [...], d'être capable de montrer un résultat puis nous de savoir qu'est-ce qu'on a atteint ». Il y a des idées très ambitieuses qui ont été mises de l'avant par certains administrateurs. Maintenant, on se dit ok, on fait comment ? C'est SA2GE qui a organisé une réunion sur ce sujet-là spécifique pour dire « qu'est-ce qu'on fait avec ça ? » Certains rêvent d'avoir un avion idéal qui présenterait des gains environnementaux globaux pour tout SA2GE. Est-ce que c'est faisable ? D'autres disent « non, non on veut présenter d'une façon qualitative ou d'une façon quantitative nos résultats, mais individuels. Est-ce qu'on peut imaginer un cadre qui est le même pour tout le monde parce que sinon, qu'est que ça veut dire ? ça ne voudra rien dire ». On est là-dedans. Je pense que ça va prendre deux ans » (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Un indicateur environnemental comme outil du changement de l'innovation : « C'est beaucoup plus que des outils managériaux, parce que ça va toucher à la culture d'innovation [...]. L'innovation dans une perspective de gains environnementaux se fait autrement. Elle amène une conception différente des pièces par exemple. Ça, c'est encore dans les livres » (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Pour qu'un programme tel que celui promu par SA2GE fonctionne, un fort niveau d'intégration entre acteurs devient nécessaire, la collaboration devient plus qu'un moyen de faire de la recherche, mais le moyen d'obtenir **une cohérence technologique** (cf. la section 7.4.3.5).

Il faut qu'il y ait une intégration quelque part. Ce n'est pas une technologie qu'on développe seul et puis on va vendre ça aux entreprises. Il faut que ce soit fait de manière intelligente pour que l'avion au complet, pas juste ses différentes parties, soit le plus vert possible (Cadre intermédiaire, Consortium de recherche).

Tant les projets verts que la collaboration reposent sur des **logiques similaires**, les deux reposant sur les concepts-clés d'écosystème et d'équilibre entre plusieurs acteurs et objectifs.

[Les projets verts] les favorisent parce qu'une collaboration c'est un raccourci, c'est une augmentation de l'efficacité, c'est évident. Le mot vert veut dire, lorsqu'on observe la nature autour de nous, **lorsqu'on observe des écosystèmes, que ce soit dans n'importe quel écosystème qu'on va observer, on le sait qu'il y a un équilibre qui se définit en fonction des ressources disponibles**. Et cet équilibre fait en sorte que ce qui évolue et qui croît soit favorisé dans le contexte des ressources disponibles (Cadre intermédiaire, Sous-traitant).

Par exemple, pour rendre possible l'écoconception, il est important d'échanger des données au sein du système « avion vert » (cf. la section 7.2.3.3). « Devoir partager des données, pour augmenter les connaissances environnementales pousse petit à petit les entreprises à collaborer. C'est un effet indirect » (Cadre intermédiaire, Université/Centre de recherche).

Sur sa forme même, la collaboration permet de générer beaucoup d'idées — une forme de sérendipité — qui peuvent être reprises sous la forme de collaboration ou au sein d'une entreprise en vue de faire progresser des innovations reliées à l'avion vert, qui étant en début de cycle, n'est que peu impactée par sa propre trajectoire technologique.

En innovation ouverte, on parle d'innovation spaghetti. Plutôt que dire « je pars d'une idée et je la fais progresser d'une étape à une autre en ligne droite », l'innovation ouverte, c'est plein de nœuds, puis il se crée des liens, et ce n'est pas ce que t'avais planifié, en fait t'avais rien planifié puis ça s'est créé par hasard. L'innovation verte, il y a un lien avec ça, ça amène des surprises (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

On peut voir l'« avion vert - collaboration » comme un système dont l'effet commun est plus fort que la recherche seule de l'avion vert ou la seule recherche de collaboration. Il y aurait une forme de synergie entre les deux. Ainsi, cet acteur discute des effets de la collaboration :

Au début, ce n'était pas fait, l'innovation, le travail de recherche et développement qui était fait ne bénéficiait pas de cet apport, je ne sais pas comment on peut appeler ça, comme un vent de fraîcheur qui viendrait du concept de gains environnementaux. Pas du tout, du tout. [...Ce qui n'est plus le cas...] C'est que ça va changer aussi la façon de travailler en étant dans les compagnies, puis de faire des travaux de recherche et de développement (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Ainsi, selon cette troisième perception, il y a un effet de rétroaction positive entre avion vert et collaboration tel que l'illustre la Figure 7.13.

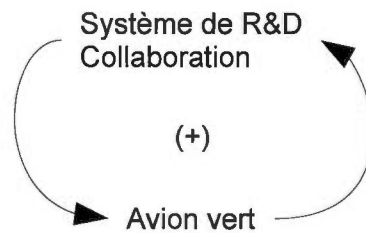


Figure 7.13 - Perception 3 du lien entre l'avion vert et la collaboration : une boucle de rétroaction positive

Conclusion de la section - Une imbrication des trois perceptions

Ces trois perceptions sont imbriquées l'une dans l'autre tel que l'illustre la Figure 7.14. La première perception, la plus faible, n'implique qu'une corrélation entre avion vert et collaboration. Elle est reprise au sein de la deuxième perception, qui y voit en plus des liens indirects, donc des liens de causalité eux aussi indirects. Enfin, les tenants de la troisième perception acceptent ces liens indirects, mais voient dans le couple avion vert - collaboration un système cohérent où l'un renforce l'autre et réciproquement.

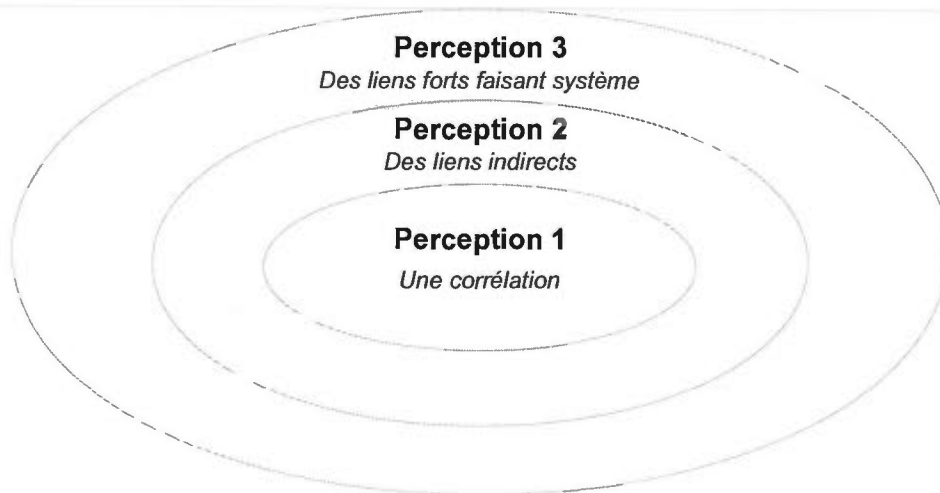


Figure 7.14 - Liens entre les trois perceptions de la relation avion vert - collaboration

Ces trois formes de perceptions sont plus liées que dans cette présentation, qui vise à purifier ces perceptions pour mieux les présenter. Souvent, les acteurs oscillent entre deux ou même les trois perceptions. Ainsi, il arrive souvent qu'à la question directe du lien entre avion vert et collaboration, la réponse corresponde à la perception 1, mais que les mêmes acteurs

donnent plusieurs exemples de liens indirects dans leurs réponses à d'autres questions, ou reviennent sur leur première réponse. On peut donc affirmer que les corrélations existent (perception 1) ainsi que les liens indirects (perception 2). La perception 3 fait quant à elle l'objet de l'analyse dans le chapitre suivant.

Les perceptions 2 et 3 font en sorte que les collaborations augmentent l'importance de l'avion vert et que travailler sur l'avion vert augmente le nombre et/ou le niveau des collaborations, ce qui valide la thèse soutenue de lien entre avion vert et collaboration.

À l'issue de cette section, on observe la relation entre l'avion vert et la collaboration au sein du système de R&D, ce qui valide les hypothèses H3 et H4.

Conclusion du chapitre

À travers ce chapitre, on a été amené 1) à décrire et caractériser le système de R&D, et notamment ses limites organisationnelles, financières et institutionnelles. 2) Celui-ci vise de plus en plus l'innovation environnementale, qui modifie la perception des acteurs, les pratiques de travail et l'organisation au sein du système de R&D. 3) Le système de R&D repose sur un travail fondé sur le savoir, avec un partage de connaissances explicites et tacites, même si ces dernières sont souvent déconsidérées, ce qui limite l'efficacité du système. Pour éviter cela, il convient d'avoir de bonnes conditions pour les travailleurs, permettant un bon climat de travail et une grande liberté de parole favorisant l'échange d'informations, permettant de contribuer à la gestion de la complexité des savoirs. Quelques bonnes pratiques ont été identifiées et décrites permettant d'y parvenir. Concernant spécifiquement les connaissances environnementales, celles-ci disposent de particularités qui leurs sont propres : souvent très complexes et/ou invisibles parce que non observées, elles font trop souvent preuve d'une mécompréhension, et nécessitent et entraînent une réorganisation des savoirs. Travailler sur l'avion vert entraîne en effet une réorientation des savoirs, voire des valeurs des individus à travers la volonté organisationnelle, les échanges intergénérationnels, l'excitation de la découverte et le rôle (indirect) des gouvernements. Tout

cela ajoute des contraintes qui entraînent une créativité accrue et des modifications du processus de production des connaissances, notamment à travers une augmentation des collaborations. 4) Les pratiques collaboratives sont effectivement en hausse au sein du système de R&D. Elles sont facilitées par la structure de l'industrie québécoise, notamment la proximité des acteurs et les rôles importants joués par les consortiums de recherche (facilitateurs, intermédiaires entre grandes et petites entreprises et entre l'industrie et l'université, catalyseurs d'apprentissage pour les étudiants, lieux de rencontre) et leurs conséquences (un important effet de levier financier permettant l'orientation de la recherche vers l'environnement, une R&D à plus long terme portant sur des aspects fondamentaux, accélération des nouvelles connaissances, un changement de culture de la collaboration). Elles modifient la culture du secteur aéronautique québécois pour rendre plus communs les avantages perçus, en aidant à une conception de la connaissance en réseau, en cherchant des pratiques différentes en terme de propriété intellectuelle et en visant au développement d'une technologie unifiée au sein de la grappe. Cela permet de distinguer différents niveaux de collaboration que l'on peut qualifier de collaboration pauvre et de collaboration forte. Or, à travers l'avion vert, le nombre et la qualité des collaborations ont tendance à augmenter.

En guise de conclusion de ce chapitre, on insistera sur deux éléments : tout d'abord, l'importance de Montréal comme ville aéronautique où la collaboration est importante. Ensuite, l'importance d'une refonte du système industriel de l'aéronautique autour de l'avion vert et de la collaboration.

Montréal : capitale de la collaboration aéronautique

Plusieurs acteurs le ressentent fortement, la force de Montréal au niveau aéronautique est sa capacité à collaborer, pour les différentes raisons décrites dans la section 7.4 : présence d'acteurs importants, d'universités, proximité géographique, institutionnelle, présence des consortiums, dynamique autour de l'avion vert.

Maintenant on est très bien, franchement. Il y a dix ans j'aurais pu dire autre chose, mais maintenant... Je ne peux pas dire qu'on a plafonné. [...] On n'est pas la capitale de l'aviation du monde parce qu'on a toute la diversité des compagnies. **On est la capitale de la collaboration, que ce soit collaboration de recherche ou collaboration de formation.** [...]

Montréal se positionne maintenant comme la capitale, on disait une capitale, mais c'est LA capitale de la collaboration aérospatiale. Parce qu'aucune ville n'a cette intensité de collaboration. J'en suis certain. Si on se compare aux grandes villes que ce soit Seattle ou Toulouse, ils n'ont pas ce qu'on a ici : nombre d'étudiants *per capita*, nombre de recherches. Si tu commences à faire toutes ces mesures, je suis certain qu'on est numéro un (Cadre supérieur, Université/Centre de recherche).

Ainsi, même si l'industrie souffre de lourdeurs et de capacités d'amélioration, elle présente une dynamique supérieure à ce qu'elle peut projeter comme image.

Mais sinon l'ambiance est... faut savoir quand même que dans l'industrie aéronautique, malgré tout ce qu'on dit là, tout ce que je viens de dire, comme n'étant pas optimal, il n'y a pas beaucoup d'industries qui parlent autant quand même. C'est assez phénoménal. [...] C'est difficile de voir une industrie qui a été autant proactive et qui est les deux mains trempées dans l'opération. Ils veulent que ça marche, ils font en sorte que ça marche, ils s'impliquent, ils ne délèguent pas ça à une structure et puis on verra à la fin si ça a été bon. Même dans l'industrie forestière qui est une force du Québec, je ne crois pas que les grandes entreprises forestières [...] aient cette même dynamique (Cadre supérieur, Consortium de recherche).

Vers une refonte du système industriel de l'aéronautique autour de l'avion vert et de la collaboration ?

À l'issue de la recherche, il semble qu'une synergie technologique plus importante soit nécessaire à travers un approfondissement des collaborations, en vue d'augmenter les avancées autour de l'avion vert, tel que l'illustre cet acteur, membre d'une grande entreprise du secteur :

Nous sommes une composante de l'avion, on n'a pas le pouvoir de décision final sur l'avion. On aimerait ça parfois. On pourrait placer notre produit ailleurs dans le fuselage, pour avoir une synergie différente. Il y a toujours la contrainte de la compétition qui est un problème. Si dès le jour 1, l'avionneur venait nous voir pour nous dire que c'est nous qui travaillons avec eux, on signe quelque chose, de façon informelle. Une entente selon laquelle c'est nous qui allons le faire. On ne va pas renégocier par la suite. Ce n'est pas comme ça que ça marche. **Ça présente un intérêt économique pour faire jouer la compétition, mais on passe à côté de synergies dans la conception même de l'appareil.** On le voit dans les concepts-modèles de la NASA, où les avions ne ressemblent à rien d'existant aujourd'hui, parce qu'il n'y a pas de contrainte entre un fournisseur et un client (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Actuellement, les mécanismes d'organisation bâtis sur l'idée de compétition, et qui ont eu leur période d'efficacité deviennent de plus en plus des freins à l'innovation et à l'efficacité du système de R&D.

Interviewer : Cela ne nécessiterait-il pas de changer l'organisation de l'industrie ?

C'est peut-être plus subtil que cela, peut-être cela pourrait se faire à travers le changement des lois sur la propriété intellectuelle, la protection des acquis, les investissements de chacun dans un projet. [...]

Notre groupe était à l'origine très vertical. [...] Aujourd'hui, cela n'existe plus. Mais à l'époque, les gens travaillaient les uns avec les autres. Ce genre de chose là, aujourd'hui, si le cadre réglementaire existait, pourrait-on aller plus loin ? **Je pense que oui. Je ne vois pas comment on pourrait être moins efficace que là.**

On fait notre simulation de produit, sur des logiciels de simulation. Mais c'est juste sur notre produit. Si tout était fait sur l'avion au complet, incluant ce produit dedans, on aurait sûrement des modèles plus efficaces d'optimisation du design. Plutôt que de simuler l'avion en laissant un trou, en nous disant « viens mettre quelque chose dans mon trou avec telles spécificités », ce qu'on fait aujourd'hui. Un degré de liberté supplémentaire amènerait des améliorations importantes (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

Procéder de la sorte permettrait de travailler sur l'objet avion plutôt que sur l'objet fuselage, l'objet train d'atterrissage, l'objet moteur, etc. Il serait possible de réaliser des simulations globales et une optimisation globale plutôt qu'une somme d'optimisation locale. « On pense que travailler de façon plus étroite, d'être plus en symbiose avec le concepteur du véhicule, le maximum d'efficacité on pourra aller chercher. D'un point de vue environnemental, ce serait vers cela qu'il faudrait s'en aller ».

On terminera ce chapitre sur ces propos d'un des acteurs interrogés, en appelant à une architecture ouverte de l'avion, qui sera discuté dans le chapitre suivant.

Une *open architecture*. Aujourd'hui, un avion, en l'achetant en 2000, il n'est pas possible en 2010 de le ramener à la condition d'un avion de 2010. Et en 2020 quand on le réparera, le mieux que l'on puisse faire, c'est de le ramener à sa condition d'avion de l'an 2000. Serait-il possible en 2020, parce que les composites sont moins chers, de remplacer les ailes d'aluminium par des ailes de composites ? De remplacer le train d'atterrissage ? Un avion vert serait un avion qui serait **régénérable**. C'est peut-être utopique, mais il faut tendre vers cette utopie. Cela permettrait à chaque génération de tendre vers le meilleur produit, plutôt que d'attendre que le produit soit totalement obsolète pour le remplacer. [...]

Ce serait réalisable par évolution. Il est possible aujourd'hui de faire des changements précis. On remplace un moteur par un autre, un cockpit par un autre. Mais, c'est très compliqué dans les processus de certification, et c'est juste une fois dans la vie d'un avion. Aujourd'hui, c'est un système à la fois : quelqu'un qui change les trains d'atterrissage et c'est tout. Mais quelqu'un qui pourrait faire un *lifting* de l'avion, ce serait vraiment bon. C'est actuellement difficile à faire, mais ce serait envisageable. [...]

Il y a moyen de concevoir un avion dont les ailes, le train d'atterrissage, le moteur pourraient être changés au moment où l'amélioration technologique arrive. Une architecture modulaire.

Si dans 30 ans, le train d'atterrissage d'aujourd'hui est encore le meilleur, il restera. Mais si dans 3 ans, le train d'atterrissage est beaucoup plus léger, il faut qu'on puisse le changer. Ainsi, sur 30 ans, chacun des morceaux de l'avion serait changé une ou plusieurs fois. [...]

On en parle souvent de cette idée avec des collègues. Tout le monde trouve que le principe est séduisant, que la vision est très belle, mais cela demanderait un très grand alignement. Cela doit-il prendre un très grand intégrateur ? Pas sûr que cela soit souhaitable. Il faudrait une plus large collaboration entre les acteurs (Cadre intermédiaire, Maître d'œuvre).

CHAPITRE 8

ANALYSE ET DISCUSSION

« Toutes les sociétés ont produit et manipulé des représentations ; il s'agit donc là d'un phénomène appartenant à, et compréhensible à travers, une formation « historico-sociale » déterminée : par conséquent, elle n'existe pas seulement dans la tête et l'esprit des individus ; de telle sorte qu'elles doivent être considérées au même titre que les autres phénomènes de même nature » (Vallée, 1985, p. 201)

Ce chapitre présente l'analyse (sections 8.1 et 8.2) et la discussion (section 8.3) issues des résultats (chapitre 6 et 7). On commencera ce chapitre par un rappel sur la validation des différentes hypothèses formulées dans la partie I, et discutées dans les chapitres 6 et 7. La plupart de celles-ci ont été validées, excepté l'hypothèse H8 concernant l'influence de l'éco-innovation *avion vert* sur le système économique, qui n'a pas été non plus infirmée : le manque de recul historique ne permet ni de la valider, ni de l'infirmier. Ont ainsi été validées H1 à H7 dont l'Encadré 8.1 propose un récapitulatif.

Encadré 8.1 - Hypothèses validées

H1 - Les individus alimentent de leurs connaissances le système de R&D en les mêlant à travers des réseaux sociotechniques.

H2 - Le système de R&D est soumis à l'influence du système managérial.

H3 - Le système de R&D contribue à concevoir l'éco-innovation *avion vert* et influence l'avancement de celui-ci.

H4 - L'éco-innovation *avion vert* modifie le fonctionnement du système de R&D.

H5 - Le système de R&D impacte les individus et la façon dont ils organisent et articulent leurs connaissances.

H6 - L'éco-innovation *avion vert* oriente les individus dans l'articulation de leurs savoirs et la création de nouvelles connaissances.

H7 - Le système économique influence l'éco-innovation *avion vert*.

L'hypothèse H1 d'un impact de l'individu sur le système de R&D et l'hypothèse réciproque

H5 de l'impact du système de R&D sur l'individu ont été validées dans la section 7.2 et confirmées dans la section 7.3.1.4. On montre l'impact que peuvent avoir les individus sur les modifications de l'organisation du système de R&D, par exemple la réorganisation des processus pour des modes plus concourants ou plus *lean*, l'acceptation d'un mode de travail plus multidisciplinaire, l'intégration de pratiques comme la rétroplanification et l'écoconception, et l'impact inverse que ces modes d'organisation ont sur les individus. On a également montré l'impact du système de R&D sur les valeurs et l'orientation des connaissances des individus à la section 7.3.1.4.

L'hypothèse H2 d'un impact du système managérial sur le système de R&D a été discutée dans la section 7.1 portant sur la caractérisation du système de R&D. On a été amené entre autres choses à discuter des limites organisationnelles entraînées par les silos, la rigidité entraînée par la structure IT, les cycles d'innovation en décalage avec la production, de la scission entre la R&D et les responsables de programme. On a vu l'importance et l'impact d'une culture du conformisme, entraînant une des recherches trop peu novatrices, et un modèle basé plus sur le développement que sur la recherche, ainsi que les conséquences d'une double contrainte portant sur l'innovation et la sécurité. L'accès aux ressources financières est difficile, souvent un impact de la financiarisation sur la R&D (section 7.1.3.4), par exemple à travers la mise en place d'indicateurs de performance basés ou la surindividualisation, et des conséquences sur la R&D comme des contraintes de retour sur investissement trop fort, la perte de connaissances, la diminution des capacités d'absorption ou encore le rôle des universitaires comme alternative à la R&D dans l'entreprise.

L'hypothèse H3 d'influence du système de R&D sur l'avion vert et l'hypothèse réciproque H4 d'influence de l'avion vert sur le système de R&D ont été validées dans la section 7.4.5. On montre notamment la transformation du système de R&D pour un système plus collaboratif sous l'influence de l'avion vert dans la section 7.4.5.2.a à travers un manque de connaissances environnementales, un nombre de technologies clés à protéger moins nombreux, le sens donné à l'individu et l'existence d'un projet fédérateur qu'est l'avion vert, poussant le système de R&D vers plus de collaboration. L'influence réciproque d'une augmentation de la collaboration au sein du système de R&D impactant l'avion vert est démontré dans la section 7.4.5.2.b à travers les demandes des consortiums autour de l'avion

vert, la capacité à affronter des défis complexes et l'intégration d'organisations dans le système de R&D, à même de développer des analyses environnementales. Ces liens sont renforcés dans la section 7.4.5.3 dans laquelle on postule des liens forts entre la collaboration au sein du système de R&D et avion vert, qui seront discutés plus avant dans la section 8.2.

L'hypothèse H6 supposant l'influence de l'éco-innovation avion vert sur les individus a été validée à travers les sections 7.2.1 et 6.3.2, montrant l'impact que peut avoir l'avion vert sur la perception des acteurs. On observe un changement de regard et de mentalité, entraînant un changement de priorité dans la prise de décision qui conduit à des choix des critères environnementaux devenant plus importants qu'ils ne l'étaient. Cela conduit les acteurs à adopter l'avion vert comme une forme de métaobjectif. La section 7.3.2 montre également l'impact de l'avion vert sur la réorientation des connaissances des individus.

L'hypothèse H7 postulant l'influence du système économique sur l'avion vert a été validée dans le chapitre 6. On y a discuté de la recherche d'innovation à travers la forme d'un compromis entre dimension environnementale et dimension économique. L'avion vert se doit d'être un avion efficace sur ces deux dimensions. Plusieurs dimensions économiques ont également été discutées (État, clients, concurrence, nouveaux entrants, etc.) contribuant à l'élaboration du programme de l'avion vert.

Enfin, l'hypothèse H8, qui postulait l'influence de l'avion vert sur le système économique, n'a pu être ni validée, ni infirmée. L'avion vert est un concept trop récent pour avoir déjà eu un impact durable sur la société. Il faudra probablement plusieurs années avant d'être capable de statuer sur cette hypothèse, car les changements à observer se font sur des périodes de temps plus longues.

À partir de ces hypothèses validées, on peut donc revenir sur le cadre d'analyse présenté en conclusion de la partie I, pour proposer le fonctionnement présenté sur la Figure 8.1.

On retrouve les connaissances — tacites et explicites — intégrées aux individus, organisés au sein du système de R&D. Ces individus alimentent de leurs savoirs ce dernier, dont les choix

en matière d'organisation et de collaboration ont un impact sur les individus eux-mêmes. Individus et système de R&D s'influencent mutuellement, mais ne forment pas un système fermé. En effet, le système de R&D est soumis à la logique managériale en vigueur au sein de l'organisation et cette dernière est elle-même la résultante du système économique au sein duquel elle se situe. Dans une logique financière, le système managérial cherche le profit maximum à court terme, contraignant le système de R&D. Ce dernier conçoit l'avion vert, également influencé par le système économique. Au fur et à mesure des travaux sur cette éco-innovation, le concept d'avion vert modifie le fonctionnement du système de R&D, poussant ce dernier vers plus de R&D externes (plus de collaboration) et oriente le regard posé par les individus, influençant le développement des connaissances.

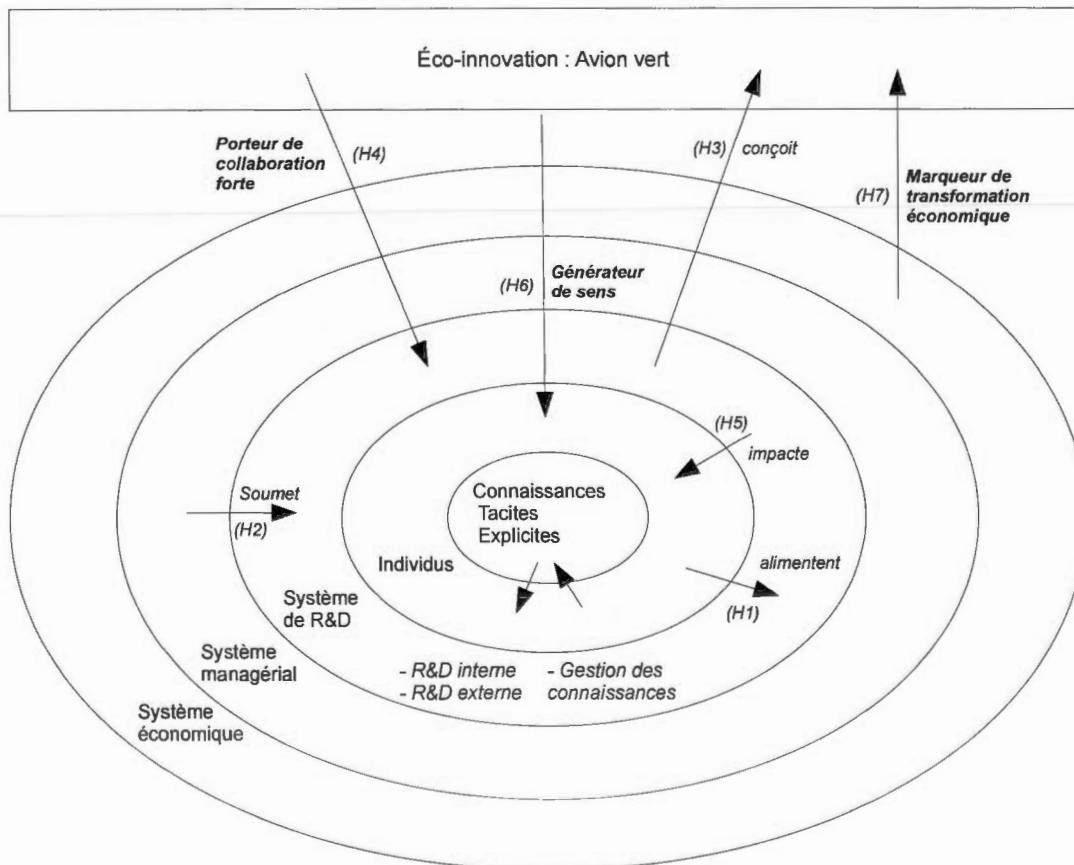


Figure 8.1 - Interactions de l'avion vert et des systèmes de R&D, managérial et économique

Suite aux résultats structurés présentés dans les deux derniers chapitres, et au cadre d'analyse mis en œuvre, **l'analyse présentée dans ce chapitre est structurée en trois temps autour de l'éco-innovation *avion vert* comme générateur de sens, comme porteur de collaboration forte, comme marqueur de transformation du système économique.**

On arrive à ce résultat en observant et interprétant, à travers le cadre d'analyse, les trois niveaux en interaction avec l'éco-innovation *avion vert* : l'individu, le système de R&D, le système économique.

Lors de l'analyse, un rapprochement a été fait avec le modèle de Vallée (1985) qui renforce l'analyse et s'avère fructueux en terme d'interprétation. Ce modèle illustre les trois modes de création humaine, à savoir la production matérielle (ou de connaissances), la production immatérielle de biens symboliques et la production de rapports sociaux liés à ces deux types de production. L'utilisation de ce modèle se justifie parce que « tout ce qui constitue un ensemble d'idées particulières, ainsi que les pratiques qui leur sont associées, s'adressant à un aspect particulier de la relation des êtres humains avec leur environnement et avec d'autres hommes, fait partie du domaine de la représentation » (Vallée, 1985, p. 229).

Or l'éco-innovation est à la fois une production matérielle et concrète d'un avion et de connaissances associées à celui-ci, ce qui a été décrit dans le chapitre 6, mais également de biens symboliques, génératrice de sens, et modifiant les rapports humains à travers la collaboration forte.

8.1. L'éco-innovation *avion vert* comme générateur de sens

On commencera par observer l'impact de l'éco-innovation *avion vert* sur l'individu. Il ressort de la recherche que celle-ci permet de donner une signification, un sens aux acteurs œuvrant dans ces projets, pour faire de l'avion vert un Projet fédérateur. Comme l'exprime un des acteurs, « les projets verts permettent de donner une communauté d'objectifs à des gens qui n'en ont peut-être pas »⁴⁷. Il s'agit là d'un constat émergeant du terrain.

⁴⁷ Cité à la section 7.4.5.2.a

C'est là un point essentiel, car l'univers organisé et son système managérial souffrent de plus en plus d'une absence de sens au profit d'indicateurs et de concepts visant uniquement l'efficacité, l'efficience au travail, dans une optique purement économique ou stratégique. Une recherche d'efficience qui fait dire à ce responsable d'équipe de R&D « on fait du *lean*, et on fait du *lean*, et on fait du *lean*. À un moment donné on va être tellement *lean* que le monde va juste péter au fret »⁴⁸.

En effet, cet univers déshumanisé au profit du processus de production produit chez les individus un grand désarroi, renforcé par le manque de sens donné au travail, ce dont ils souffrent (Pauchant 1996 ; Dejours 2009), le travail étant rendu insignifiant (Gaulejac, 2005), cela étant dû au modèle de management dominant, qui « faute d'avoir su intégrer l'humain au travail et aux situations de travail, faute donc d'avoir donné un sens au travail, [...] creuse lui-même et agrandit le fossé entre lui et des "ressources humaines" engagées et productives » (Aktouf, 1994, p. 270). C'est ce que ressentent certains acteurs qui font part de leur démotivation : « Aujourd'hui, c'est rendu à "ok, j'ai besoin d'une présentation pour les exécutifs pour demain matin". Et de présentation en présentation... »⁴⁹.

Car, ce que le système managérial s'inscrivant dans une logique financière a perdu de vue, c'est que l'être humain est un être de sens, « la dimension symbolique [étant] consubstantielle à l'idée même d'humanité » (Chanlat, 1990, p. 531). Si la dimension matérielle ou technologique liée à l'*avion vert* ou tout autre projet d'entreprise est important, il produit également un ensemble de significations pour les acteurs du système, car « les humains ne sont pas que matérialité. Leur action, leurs activités n'ont pas toutes pour but la production. Leur intelligence n'est pas seulement technique » (Vallée, 1985, p. 199).

Le monde des représentations est complexe. Il est fait de sentiments, de croyances, de connaissances, d'idées et de leurs articulations pour en faire un système filtrant la perception des acteurs, pour en dégager une vision, une compréhension de la réalité matérielle, pour la transformer en réalité vécue par le sujet. « À l'origine la réalité se présente à la conscience de

⁴⁸ Cité à la section 7.1.3.4

⁴⁹ Cité à la section 7.1.3.4

l'individu sous deux visages: celui du monde extérieur et celui du monde intérieur. Un monde de matière et un monde immatériel ; un monde d'objets physiques, d'événements et un monde de signification, de sens » (Vallée, 1985, p. 223). Les humains, à travers leurs représentations et les significations qui y sont attachées, créent leurs « mondes » (Solé, 2000), leurs possibles et leurs impossibles. Et les actions, décisions et créations découlent de ces représentations, car « les instruments de la représentation se manifestent sous deux formes fondamentales : une forme théorique d'abord, c'est-à-dire à travers un vaste corpus d'idées organisées et cohérentes, et sous une forme pratique, c'est-à-dire par un ensemble d'actes, d'action, de gestes, de formules, de rythmes et de formes, etc., à caractère symbolique. » (Vallée, 1985, p. 210)

L'absence de signification crée donc une commotion, une paralysie en cela qu'on retire aux acteurs leur capacité à agir, à créer, à décider, à rêver pour construire.

Cette critique du manque de sens est liée à l'absence d'inscription de l'action dans le temps, en partie due à l'immédiateté requise par la logique financière. Cette immédiateté de la pensée est vécue par les acteurs : « on ne pense pas assez au futur, on pense trop au maintenant. Pour moi l'avion vert, il pense au futur, ... »⁵⁰. Cette absence de représentation du futur caractérise ce que Hartog (2003) nomme le présentisme, c'est-à-dire cette caractéristique de la société contemporaine à être centrée sur le moment actuel, l'instantanéité, sans capacité à se projeter dans l'avenir et donc à créer du sens.

Or, l'éco-innovation *avion vert* réinscrit l'action dans le temps. Elle permet de dépasser la focalisation sur le maintenant, en proposant une vision de l'aéronautique à long terme, à travers le double sens d'avion efficace — que l'on peut concrétiser dès aujourd'hui comme mode d'action de la recherche — et d'idéal d'avion totalement propre⁵¹ — capable de construire une vision du futur motivante, embarquant les acteurs, s'inscrivant dans les valeurs en émergences dans la société. L'idée d'avion vert permet de regarder à nouveau vers l'avenir plutôt que d'être le spectateur du temps qui s'écoule.

⁵⁰ Cité à la section 6.1.6

⁵¹ L'avion vert comme avion efficace et l'avion vert comme idéal d'avion totalement propre sont présentés dans les sections 6.1.5 et 6.1.6

Initialement, l'avion vert provient de facteurs exogènes — la concurrence, l'État, les clients, les nouveaux entrants potentiels, la société. Cela n'est pas suffisant pour créer du sens, car celui-ci ne se décrète pas par la direction d'une organisation (Aktouf, 1990), mais est vécu par les membres de celle-ci. Or l'éco-innovation tend à s'inscrire dans le système de représentation des acteurs, leur cosmogonie, comme l'illustre ce responsable de R&D : « La responsabilité, la conscience sociale deviennent les moteurs de notre motivation pour déterminer comment redessiner nos [produits] dans une perspective environnementale, et ceci autant que l'impératif commercial initial »⁵².

Ainsi, l'éco-innovation *avion vert* permet, à travers sa portée symbolique, de réinscrire le travail dans une perspective globale, ayant une valeur à la fois matérielle, dans son développement concret, et immatérielle, dans le sens qu'elle donne. C'est fondamental pour les acteurs puisque il s'agit du moteur de leur motivation et de leur engagement dans ce processus qu'est la conception et la réalisation de l'avion vert, comme en témoigne cet acteur lorsqu'il déclare :

Je pense que c'est une attitude personnelle parce que moi je le ressens par rapport à moi-même... **ça rend le travail plus noble !** C'est-à-dire que ça rentre dans ma manière de voir le monde aussi donc mon travail rentre dans ce contexte-là. Je ne suis pas en contradiction quand je suis au travail avec mes convictions personnelles⁵³.

La dimension environnementale donne le sentiment à nombre d'acteurs de travailler pour une cause qu'ils jugent juste, ne s'inscrivant pas uniquement dans le système managérial issu de la logique financière, où les valeurs promues sont la compétition, la compétitivité, l'efficacité, le rendement, etc., mais se référant à des valeurs émergeant du système sociopolitique, soit la question de la protection de l'environnement. Trop souvent, les modèles de gestion traditionnels ne s'interrogent pas sur les causes en amont des actions menées. « Poussé vers quoi ? Tiré par qui ? Innover pour innover ? Consommer pour consommer [...] ? » (Saussois, 2006). Sans dévaloriser l'importance ni le rôle de ces modèles, ils ne permettent pas à eux seuls de donner un sens aux acteurs de l'industrie. Il ne s'agit plus simplement de viser le profit pour l'entreprise (logique financière) ou de contribuer à la conception de meilleurs avions d'un point de vue technique (logique

⁵² Cité à la section 6.3.2.1

⁵³ Cité à la section 6.3.2.2

industrielle), mais de concevoir l'avion qui sera compatible avec l'environnement (logique cognitive environnementale, discutée section 8.3).

Avec la dimension environnementale, les acteurs du système de R&D entrent en résonance dans leur travail avec cette valeur en émergence qu'est la protection de l'environnement.

On retrouve en effet l'environnement comme une valeur émergeant au cours des 20 dernières années, correspondant à une forme d'esprit du temps, de *Zeitgeist*, qui si elle n'a encore que peu d'écho dans les pratiques se retrouve dans les esprits.

En effet, la question environnementale, si elle est souvent mise en avant, ne donne lieu qu'à peu d'actions réalisées. Le discours se fait pourtant sur le mode alarmiste, sur l'urgence d'agir, comme en témoigne cet extrait du secrétaire général de l'OCDE ouvrant un rapport de l'institution internationale sur l'urgence d'agir.

Les coûts et les conséquences de l'inaction sont considérables, en termes tant économiques qu'humains. Ces projections montrent qu'il est urgent de changer notre façon de penser. Si nous ne le faisons pas, l'érosion du capital environnemental dont nous disposons accroîtra le risque de modifications irréversibles qui pourraient annuler deux siècles d'amélioration du niveau de vie. [...] Ces énormes défis environnementaux ne peuvent cependant pas être traités isolément (Gurria, 2012, p. 3).

Or, le contexte, pour les facteurs exogènes évoqués place l'éco-innovation *avion vert* comme priorité, comme sujet de la recherche. Il n'est donc pas étonnant que, s'emparant de la question de l'avion vert, les acteurs du système de R&D la fassent leur, par un processus d'*enactment* (Weick, 1988), c'est-à-dire de telle sorte que les effets de la mise en place de l'éco-innovation ne produisent pas uniquement l'objectif initial — à savoir la conception technique de l'avion vert et des connaissances qui y sont attachées —, mais permettent également aux acteurs de saisir cette question de l'environnement dans la conception des avions et de s'impliquer sur ce sujet. Le sens se dégage alors des actions quotidiennes, plutôt que de la volonté et des décisions des dirigeants à travers l'endogénéisation issue de la dialectique entre les acteurs transformant ainsi le sujet.

Ce processus est réalisé par les acteurs œuvrant au sein du système de R&D de la grappe, ce que l'on qualifiera de *système de R&D étendu* (voir plus loin section 8.2). C'est donc par l'interaction entre un objet technique et une valeur en émergence du système sociopolitique que naît le sens de l'avion vert à travers le processus d'action tel que représenté sur la Figure 8.2.

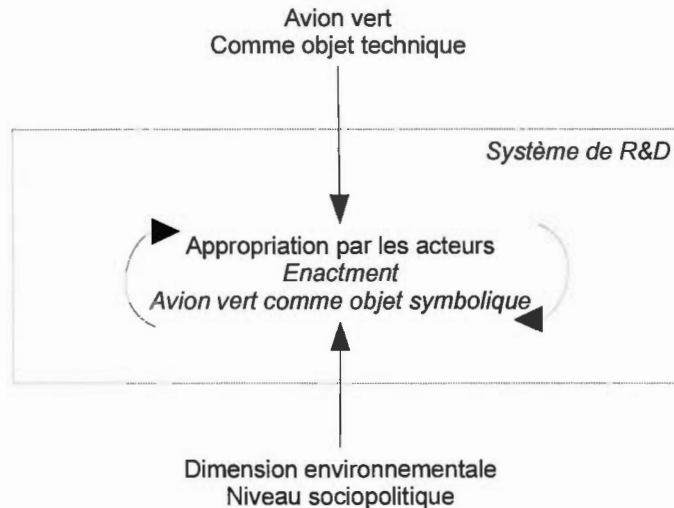


Figure 8.2 - L'émergence du sens par l'interaction entre l'objet avion vert entrant en résonance avec la valeur sociopolitique au sein du système de R&D

À noter qu'il y a un processus dialectique entre l'individu et le collectif. Tout d'abord, le sens dégagé de l'éco-innovation *avion vert* correspond à la traduction de la volonté d'avancer sur les enjeux environnementaux présente au niveau sociopolitique, reprise par l'individu et travaillée au niveau d'une communauté d'acteurs.

En devenant signifiant, l'éco-innovation permet au système de R&D de s'éloigner de — voire modifier — la logique managériale en vigueur, contribuant à une mobilisation des acteurs pour l'objet — l'avion vert — plutôt que pour la structure organisationnelle ou logique managériale en vigueur. Cela favorise l'émergence d'un climat de travail propice au partage des savoirs tacites, avec le risque de contribuer à une autonomisation du système de R&D vis-à-vis du reste de l'organisation, autour de valeurs différentes.

Une telle autonomisation et modification de la logique managériale est possible à travers le rôle tampon des cadres intermédiaires, comme l'illustre cet acteur lorsqu'il décrit « je faisais parapluie, je les protégeais de tout ça. C'était *happy world* en bas, et en haut je mangeais les coups. Ça m'a fatigué beaucoup. Et quand je suis parti, ils sont tous partis, tout le monde a lâché le bateau. Il n'y a personne qui a continué »⁵⁴. Ces gestionnaires transforment les injonctions de l'organisation pour ce qu'ils jugent être le véritable objectif du système de R&D. Cette logique d'organisation informelle — que l'on pourrait presque qualifier de pirate — est la base du fonctionnement du système qui avance malgré ses contradictions. L'objectif de l'avion vert sert alors d'échappatoire aux gestionnaires intermédiaires, qui pour viser les nouveaux objectifs de l'organisation, récupèrent une part de pouvoir pour s'extirper de la double contrainte (Bateson, 1995) qu'impose la logique financière, visant à obtenir des résultats de recherche tout en s'inscrivant dans une logique managériale à court terme et contrôlante, contradictoire avec l'obtention de ces résultats nécessitant temps, moyens financiers et liberté d'action. Cet espace de liberté est en partie retrouvé à travers l'extension en dehors de l'organisation — à travers la collaboration — de la recherche (voir la section 8.2).

Le climat de travail favorable à la création joue également un rôle de partage et d'échange de valeurs entre acteurs comme l'énonce cet acteur : « on échange sur les priorités, sur les valeurs. Je lui raconte mes défis, lui me raconte les siens et là on fait le pont, on fait le lien »⁵⁵, renforçant la création d'un sens autour de l'avion vert. De la sorte, la proximité cognitive des acteurs est renforcée, leur permettant un échange de savoir plus aisé.

Même si la dimension environnementale est en émergence au sein de la société et souvent discutée sur le mode de l'urgence, elle n'est pas nécessairement perçue par tous les acteurs, au moins dans un premier temps. D'où la volonté pour plusieurs de ces adeptes précoces (*early adopters*, Rogers, 1962) — souvent issus du système de R&D — de sensibiliser leurs collègues — souvent extérieurs au système de R&D — à cette dimension.

⁵⁴ Cité à la section 7.3.1.3

⁵⁵ Cité à la section 7.3.1.4

Aussi, plusieurs organisations ont mis en place des stratégies visant à insuffler cette dimension environnementale, à travers une forme de sensibilisation indirecte aux questions écologiques, passant par des actions au quotidien. L'objectif est de proposer un changement par l'action dans la perception des acteurs, pour rendre ces derniers sensibles aux questions liées à l'environnement, afin que celles-ci deviennent naturelles dans leur travail.

Cette sensibilisation se fait par des gestes que l'on qualifiera de « banals », de quotidiens, mais visant à favoriser ce changement dans le regard des acteurs par l'action. On retrouve dans cette catégorie le tri sélectif, des possibilités de covoiturage offertes aux employés, des réductions ou prises en charge de transports alternatifs, la présence de paniers de légumes biologiques, des activités collectives de nature environnementale, etc. Chacune de ces actions n'a seule que peu de portée. L'idée sous-jacente ne vise pas à proposer une grande activité marquante qui serait considérée de l'extérieur par les acteurs. Il s'agit de proposer, par un ensemble d'actions cohérentes formant un écosystème favorable à l'environnement, un changement dans le quotidien par ce regroupement épars de petits gestes ayant l'environnement en commun, favorisant l'appropriation individuelle.

La question qui se pose ici est celle de la possibilité de gérer ce sens, de l'orienter. Est-ce possible ? Est-ce souhaitable ? On peut supposer qu'il est possible d'orienter, ou d'accélérer la dynamique autour d'un sujet émergeant au niveau sociopolitique et suscitant l'intérêt de la société, comme le thème de l'environnement, mais que cela n'est pas possible à créer de toutes pièces.

Pour autant, il convient également de poser un regard critique sur l'avion vert : il y a dans l'ensemble des recherches portant sur celui-ci une part artificielle de *greenwashing*, des organisations qui souhaitent avant tout bénéficier des fonds monétaires et de l'image d'un avion propre. Pour autant, la plupart des acteurs interrogés se sentaient personnellement impliqués dans le Projet de la création d'un avion vert. Une telle posture artificielle visant à tromper n'est pas à même de créer du sens, car si elle peut duper l'observateur extérieur pour un temps, elle ne le peut pas vis-à-vis des propres acteurs œuvrant à la conception et la fabrication, créant alors non pas du sens, mais un sentiment de cynisme chez ces acteurs. Elle

peut également être à l'origine d'une réappropriation par les acteurs dans le processus d'*enactment* précédemment décrit à travers le mécanisme d'endogénéisation. Que ce soit par *greenwashing* ou pour des causes exogènes, mis en œuvre pour des raisons d'image, de financement ou de stratégie, les acteurs s'impliquent dans ce projet — au-delà de toute attente de leur organisation —, et le transforment par là même en véritable projet d'entreprise voire de grappe.

C'est là la source de l'endogénéisation décrite dans la section 6.3.2, permettant la mobilisation des acteurs.

Le sens donné à l'avion vert permet aux acteurs de construire non seulement des savoirs ou objets techniques, mais également du signifiant. Cela entraîne un autre mode de perception de l'avion, mais également de l'être humain dans l'industrie et dans la société qui se dégage : « l'écologie commence à devenir une façon de vivre, ça affecte tout »⁵⁶.

L'endogénéisation est liée au changement de perception chez les acteurs, comme l'explique ce responsable de la R&D :

ça rend [le travail] plus noble, on regarde notre travail d'un autre œil. Je vois les gens de mon groupe c'est aussi un peu comme ça, ils sont bien contents de travailler sur des projets. [...] **Je pense bien que ça a un impact sur notre profession**⁵⁷.

Ce changement collectif de perception amène à une nouvelle vision sur les connaissances, qui sera discutée dans la section 8.3. Il permet également la transformation d'une source de motivation extrinsèque à une motivation intrinsèque, propre aux individus. Or les incitatifs intrinsèques sont beaucoup plus forts que les incitatifs extrinsèques (Gneezy et Rustichini, 2000).

Le mécanisme d'endogénéisation est accéléré par la dynamique générationnelle liée à la perception des acteurs ainsi que par le processus dialectique entre l'action et la perception, à travers le mécanisme d'*enactment*.

⁵⁶ Cité à la section 6.3.2.2

⁵⁷ Cité à la section 6.3.2.2

L'endogénéisation et le changement de perception, en augmentant la motivation intrinsèque, permettent aux acteurs de s'unir dans un but commun, en s'entendant sur des valeurs plutôt que sur des modalités, et donc en dépassant les éventuelles frustrations internes à l'organisation ou externes, liées à la collaboration. Elle permet d'améliorer le climat de travail, la relation de confiance, et facilite la collaboration forte à travers l'union comme communauté d'acteur autour d'un projet fédérateur (discuté à la section 8.2).

On a donc l'environnement comme valeur émergente au niveau sociopolitique, repris dans l'organisation comme facteur exogène pour en faire un objectif d'éco-innovation traduit dans le secteur aéronautique québécois sous la forme de l'avion vert. Celui-ci est distribué au sein des différents groupes du système de R&D. Parallèlement, la valeur environnementale crée un écho au niveau de l'individu, qui en reprenant l'objectif de l'avion vert, crée dans le même temps un objet générateur de sens à travers un mécanisme d'*enactment*, sous la forme d'une dialectique entre l'individu et le groupe. Cela transforme l'avion vert, objectif ayant des causes exogènes à l'industrie en avion vert, nouvel objectif endogène, beaucoup plus efficace, transformant le climat de travail et simplifiant l'émergence de connaissances à travers des conditions plus favorables et une nouvelle perception des acteurs. Cette dynamique est reprise sur la Figure 8.3. À cela s'ajoute la dynamique inter-organisationnelle étudiée dans la section suivante.

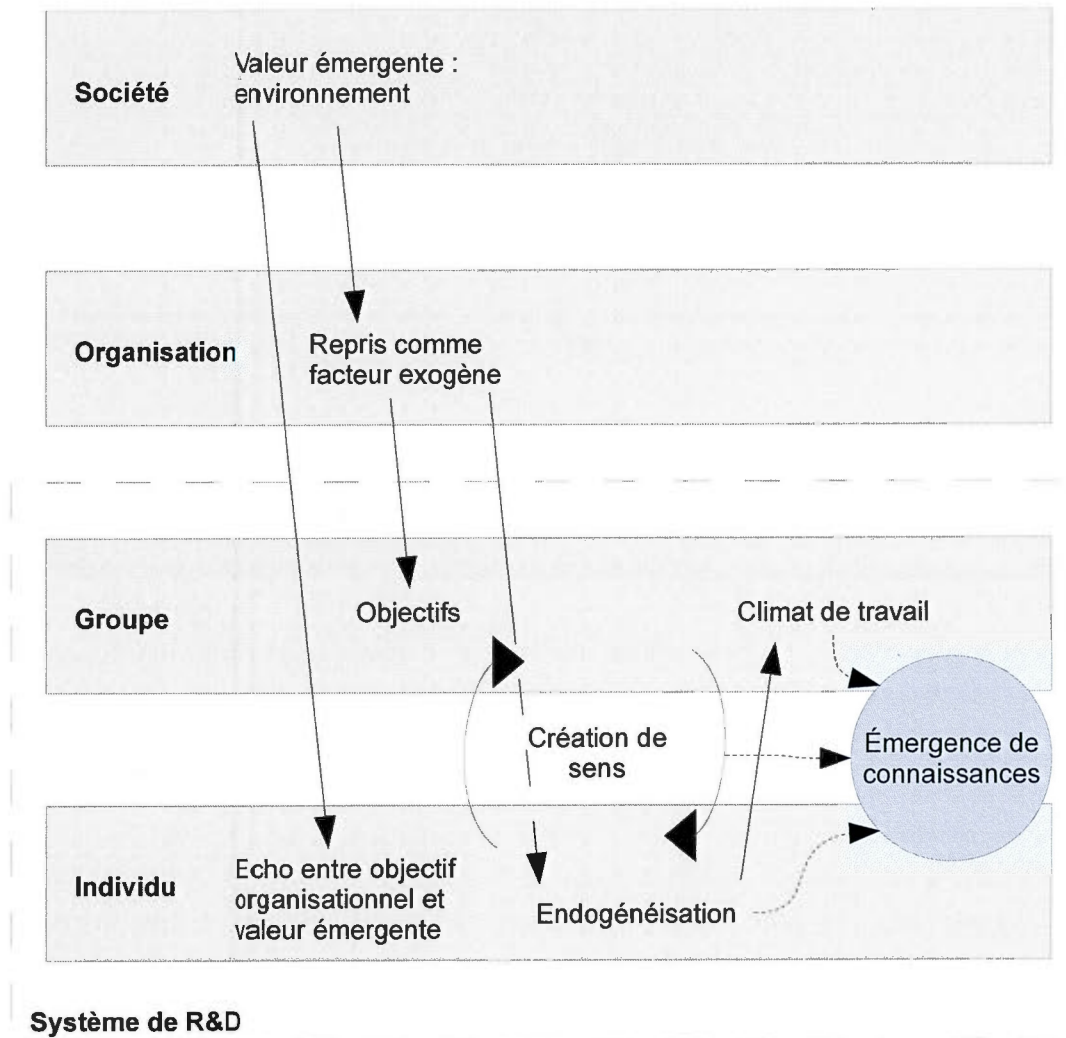


Figure 8.3 - Dynamique de génération de sens et émergence de connaissances

8.2. L'éco-innovation *avion vert* comme porteur de collaboration forte

Cette section décrit l'impact de l'éco-innovation *avion vert* sur le système de R&D. La recherche montre que celle-ci a un impact au moins indirect sur celui-là.

Dans la section 7.4, on a montré qu'un changement de culture pour une culture de la collaboration était en cours dans le secteur aéronautique montréalais, favorisé par la proximité des acteurs et le rôle joué par les gouvernements à travers le financement public et la réglementation. Les entreprises du secteur sont plus enclines à dialoguer, à échanger des informations. Alors qu'au début des années 2000, ce type de collaboration avait principalement lieu à travers le CRIAQ nouvellement créé, les relations se sont densifiées, devenues plus courantes et ne passant plus exclusivement par des consortiums de recherche. Surtout, elles ne concernent plus exclusivement les relations de type industrie-université, mais également celles de type université-université. D'un état de collaborateur passif, les entreprises sont passées à un état de collaborateur actif, allant chercher elles-mêmes de nouveaux partenaires afin d'initier de telles collaborations, comme l'illustre cet exemple :

Plusieurs des grands se sont mis ensemble et ont créé une petite équipe de visite. Ils ont débarqué dans les entreprises PME étant de potentielles participantes pour leur rendre visite, prendre connaissance de ce qu'elles avaient à offrir. En leur disant : « on vient voir ce que vous avez à offrir, on vient juste faire connaissance un peu plus, puis on verra après ». [...] Les PME ont dit qu'ils n'avaient jamais vu ça, que c'était la première fois que ça se faisait comme ça.⁵⁸

Ce changement de culture nécessite d'établir autour de la collaboration un partenariat d'ordre stratégique, un fort niveau de confiance, une relation basée sur le long terme tel que l'illustre l'exemple relaté dans l'Encadré 7.2 d'un changement de culture organisationnel où l'entreprise passe d'un mode de développement interne à un mode d'organisation basé sur l'innovation ouverte. La Figure 8.4 illustre ces modifications réalisées sur le temps, entraînant une densification des partenariats initiés par les consortiums de recherche, modifiant la culture, créant des attentes supérieures en terme de collaboration et de consortiums de recherche.

⁵⁸ Cité à la section 7.4.2.2.1.e

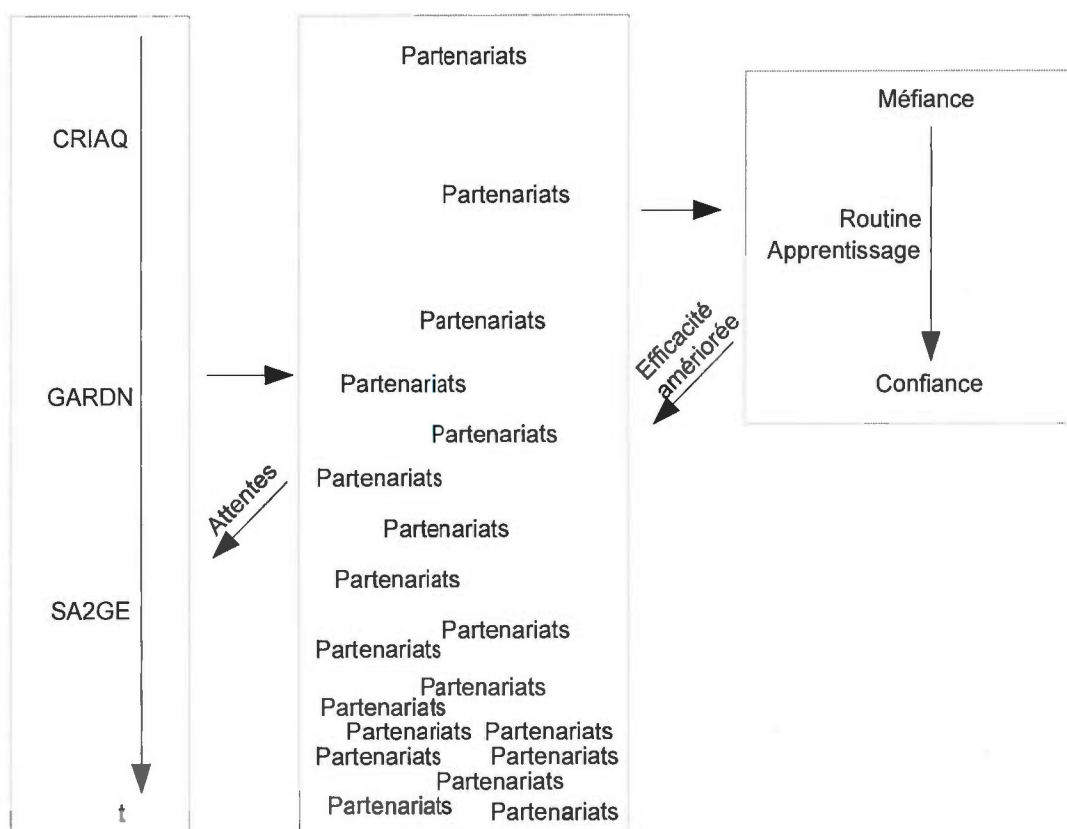


Figure 8.4 - Changement de culture de collaboration à travers le temps et impact sur la quantité et la qualité des partenariats

Le lieu de cette collaboration se fait au sein de ce qu'on peut qualifier de **système de R&D étendu**, c'est-à-dire l'ensemble des systèmes de R&D collaborant sur un projet donné, ainsi que les autres organismes — universités, centres de recherche, consortium de recherche, organismes subventionnaires, etc. — impliqués dans le processus de la recherche formant une unité de recherche au sein d'un réseau s'étendant au-delà des frontières d'une simple organisation et active pour une période de temps définie.

L'augmentation de la collaboration permet alors : 1) un renforcement du poids de l'industrie vis-à-vis des universités ; 2) de rapprocher les développements technologiques de leur mise en marché (montée en TRL). La collaboration y devient de plus en plus difficile, car plus concurrentielle, plus chère, avec des enjeux économiques importants, donc nécessitant des liens plus forts pour continuer dans cette voie. 3) De développer des technologies communes

plutôt que des produits communs afin de produire un ensemble cohérent soudant les partenaires au sein d'une même trajectoire technologique, la structure engendrant la collaboration.

Mais toutes les collaborations ne se valent pas, ne serait-ce que parce qu'elles peuvent avoir différentes causes : imposées par la haute direction, mal vécues par un autre département, imposées par un organisme subventionnaire, réalisées pour des raisons autres que le développement des connaissances (par exemple pour une question marketing), ou réalisées parce qu'il s'agit d'un concept « à la mode », comme le dit cet acteur lorsqu'il critique plusieurs de ces phénomènes : « on les force, les organismes subventionnaires les forcent à le faire. C'est à la mode, c'est ça qu'il faut faire : il faut être collaboratif ! »⁵⁹. Or, la collaboration peut se vivre de différentes manières.

La collaboration liée à l'avion vert vise souvent à pallier sa triple complexité *technologique* et *combinatoire* (Lung et Carrincazeaux, 1998; Carrincazeaux, 2001; Carrincazeaux et al. 2008) ainsi qu'une troisième forme de complexité qu'on qualifiera de *complexité industrielle*.

La *complexité technologique* est définie comme étant la fréquence de renouvellement de la base de connaissances. Elle représente la mise en œuvre de connaissances nouvelles. Elle est reliée à la nature tacite des connaissances. Il s'agit donc d'une complexité portant sur la nature de la connaissance elle-même.

La *complexité combinatoire* vise la mise en cohérence de connaissances éloignées. Elle traduit les difficultés de mise en cohérence de connaissances diverses et nombreuses. Il s'agit d'une complexité portant sur la combinaison d'une connaissance à d'autres connaissances.

Or — dans les cas de collaboration — l'avion vert augmente certes la complexité technologique (par exemple la R&D nécessitant un approfondissement de la nature de la matière pour élaborer de nouveaux matériaux), mais surtout la complexité combinatoire (ajout de nouvelles connaissances à un corpus de connaissances déjà traitées). « Tu pouvais

⁵⁹ Cité à la section 7.4.3.2.e

dire que t'allais avoir une complexité technologique pour certains détails, mais là on touche à tout, donc je pense que la complexité n'est pas sur le plan technique, c'est peut-être sur le fait que c'est beaucoup »⁶⁰. Le développement de l'avion vert ne se substitue ni à l'avion plus fiable, ni à l'avion plus puissant, ni à l'avion moins cher. Les couches s'empilent, mais ne se suppléent pas, et les exigences en matière de sécurité aérienne sont au moins aussi fortes que précédemment.

Par ailleurs, il devient nécessaire pour les acteurs de partager des données et informations avec leurs partenaires, sous-traitants, etc. Cela amène au troisième type de complexité. Ces formes contemporaines d'organisation industrielle augmentent la *complexité industrielle*, c'est-à-dire une forme de complexité reliée à la structure de l'industrie avec des acteurs reliés les uns aux autres par des relations relevant de la coopération, le tout dans un contexte mondialisé. Établir des réseaux d'alliances stables permet de diminuer cette complexité.

De ce point de vue, la collaboration est une forme d'organisation permettant de mieux gérer la complexité technologique et la complexité combinatoire et de diminuer la complexité industrielle. En effet, en collaborant, 1) les acteurs augmentent leur capacité à trouver un acteur dans le réseau de collaboration disposant des connaissances nécessaires pour être capable de traiter la complexité technologique. 2) La mise en commun d'un plus grand nombre d'acteurs — et donc de savoirs et de regards différents au sein d'une équipe multidisciplinaire étendue — permet d'augmenter la capacité à combiner ces savoirs, augmentant la capacité de traitement de la complexité combinatoire de ce système de R&D étendu. 3) La collaboration permet de former des alliances plus importantes d'acteurs, rendant les solutions développées plus fortes par rapport aux solutions concurrentes tout en diminuant le nombre d'acteurs extérieurs à l'alliance, diminuant la complexité industrielle. Cette dernière diminution n'est vraiment efficace que s'il s'agit d'une collaboration forte, c'est-à-dire d'une collaboration reposant sur la confiance, riche en échanges et se plaçant dans une perspective à long terme, donc sans risque de retournement d'un des acteurs de la collaboration. Comme l'énonce cet acteur,

⁶⁰ Cité en section 7.3.2.1

[les projets verts favorisent les pratiques de collaboration] parce que c'est une problématique de l'industrie dans sa globalité, donc il y a un intérêt de tous les intervenants à s'améliorer. Il y a un certain réalisme. C'est difficile de faire cela dans son coin, sachant qu'il y a différents intervenants, qu'un fournisseur peut être le fournisseur de quelqu'un, mais également le fournisseur de ses concurrents.

Une autre raison peut pousser les acteurs à collaborer, en lien avec la logique financière à laquelle est soumise leur organisation et donc leur système de R&D : aller chercher à l'extérieur un espace de liberté dont ils ne disposent plus en interne. En collaborant, il y a un partage du risque financier avec les partenaires, ainsi qu'avec le gouvernement lorsque la recherche collaborative est financée. La collaboration permet également de lutter contre le manque de personnel et le manque de connaissances ou d'expertise en interne sur un sujet donné. Ce qui est interdit à l'intérieur d'une organisation peut alors se faire, par des voies détournées à l'extérieur ou en collaboration avec l'extérieur, comme ce responsable de système de R&D qui déclare que « le fait qu'il y ait des consortiums de recherche nous a permis en interne de justifier des projets qui n'auraient probablement pas été retenus. Principalement pour des raisons de diminution des coûts ».

Mais cette liberté de recherche peut aussi véhiculer à travers la collaboration la logique managériale, et miner la collaboration en imposant au partenaire la même logique, les mêmes contraintes de rentabilité à travers les outils de gestion qui véhiculent subrepticement leurs logiques (Berry, 1983), voire parfois des contraintes encore supérieures qu'à l'intérieur de l'organisation.

Aussi, on retrouve la collaboration réelle sur une échelle continue allant de la collaboration pauvre à la collaboration forte, dont on décrira les deux extrémités, variant selon la perception des acteurs de ce qu'ils entendent par collaboration : « ça fait toute référence à ce qu'on a dans nos têtes comme définition, de ce que ça devrait être »⁶¹.

La *collaboration pauvre* est favorisée par les quatre dimensions décrites dans la section 7.4.4.1 : dimension financière, culturelle, structurelle, juridique.

⁶¹ Cité à la section 7.4.4

La dimension financière, en lien avec la logique financière, force les acteurs à prendre des décisions sur des contraintes de coût, de retour sur investissement sur un temps court, ne s'inscrivant pas dans la durée. La logique du système de R&D contraint alors les acteurs dans leurs échanges.

La dimension culturelle correspond à la volonté des acteurs d'une institution à collaborer en dehors de l'organisation et se concrétise entre autres par la transformation de l'inégalité entre organisations — en terme de taille et de pouvoir — en une inégalité ramenée au niveau des individus collaborant, dans une liaison inextricable entre pouvoir et savoir (Foucault, 1975). Or traditionnellement dans le secteur, la relation est verticale, du type donneur d'ordre exécutant, liant les partenaires dans une relation asymétrique.

La dimension structurelle traite des problèmes de structure interne se répercutant à l'extérieur de l'organisation. Ainsi, l'organisation fonctionnelle structurée en silos voit chaque tâche reliée à la collaboration reléguée à des unités différentes ne communiquant pas nécessairement entre elles. Comme l'exprime cet acteur, « tu discutes avec un ingénieur puis le courant passe, t'es d'accord, le monde est merveilleux. Ensuite jamais l'ingénieur ne négocie de contrat. [...] C'est l'avocat qui décide de tout ! »⁶². Vu de l'extérieur, c'est un discours incohérent — où le discours et les actes ne se suivent pas — auxquels sont confrontés les acteurs, incohérence souvent présente dans les grandes organisations qui ont

les larmes aux yeux et la main sur le cœur, les bras dans les airs, oui nous voulons faire les choses. Et le jour même, lorsqu'on fait affaire avec ces gens, on se heurte à leurs gens ou aux achats ou au *procurement*. Et puis lorsque vient le temps de travailler ensemble, ce n'est qu'avec ces gens, donc finalement, c'est comme une commande de stylo chez Bureau en gros, une commande de matériel brut. Et c'est tout⁶³.

La dimension juridique, qui fige ces inégalités sous la forme du contrat, en renforçant les effets négatifs (ou les diminuant si elles sont bien faites) par la propriété d'un des acteurs sur les résultats de la collaboration.

⁶² Cité à la section 7.4.1

⁶³ Cité à la section 7.4.4.1

La collaboration pauvre s'apparente alors à une *co-opération* (deux opérateurs agissant l'un à côté de l'autre) plutôt qu'une collaboration. Elle a pour conséquences sur les connaissances un risque de décrochage vis-à-vis de ses partenaires. Ceux-ci perdent chacun leurs capacités d'absorption des connaissances et techniques développées par l'autre partenaire (Cohen et Levinthal, 1990). Ils ne sont plus capables de comprendre le contexte dans lequel les connaissances ont été développées et perdent alors la maîtrise de celles-ci comme dans cet exemple décrit par un responsable de la R&D :

Un des risques consiste à faire faire le travail par des universitaires et d'obtenir un rapport et de dire « merci beaucoup », puis de passer ça en revue et de le mettre dans un classeur. Quand on a des ingénieurs d'ici qui sont impliqués directement dans le processus d'apprentissage, alors on a une bonne expérience d'apprentissage. Si tout se passe dans l'institution universitaire, qu'ils font tout le travail, et que nous n'avons personne d'impliqué dans celui-ci, il y a un risque avec le résultat. Ce serait un peu comme de manger le petit déjeuner, le déjeuner et le dîner tout à la fois. On ne peut pas absorber la connaissance produite par d'autres comme ça⁶⁴.

La *collaboration forte* repose sur un changement de culture, d'habitudes des acteurs et reliée à ces changements, un changement dans leurs *habitus* c'est-à-dire consistant à modifier « les dispositions économiques des agents [qui] sont des constructions sociales indissociables de l'ensemble des constructions sociales qui sont constitutives d'un ordre social » (Bourdieu, 2000, p. 258). Il s'agit de modifier les modes de relations entre acteurs et les pratiques de socialisations qu'ils exercent, souvent par anticipation en fonction de cet *habitus* qui correspond à un ensemble de pratiques isolées de ses partenaires.

Chaque acteur joue un rôle, notamment un rôle d'expert dans le domaine pour lequel il est réputé posséder une expertise. Tant au niveau individuel que collectif, chacun joue le rôle auquel il pense que les autres acteurs s'attendent qu'il joue (Goffman, 1973). Or, s'il est possible de jouer un tel rôle lors d'interactions faibles, il s'agit d'une position difficile voire impossible à tenir en mode de collaboration forte, avec des interactions importantes entre acteurs, sur les travaux en cours, donc durant l'action et non uniquement avant et après celle-ci. Il y a une peur à montrer à ses partenaires ses processus internes, révélateurs de qui l'on est et de l'état réel de ses connaissances, comme l'énonce ce responsable de R&D :

⁶⁴ Cité à la section 7.4.3.2

Il y a beaucoup de craintes par rapport au donneur d'ordres. Peut-être que si on n'avait pas été un donneur d'ordres ça aurait été différent. [...] Ils ont tout de suite une attitude, en disant « oh oui ils vont dire qu'on est nuls, qu'on n'est pas capables de faire ça donc nous on va donner quelque chose de bien ficelé »⁶⁵.

Au niveau de l'individu, la collaboration forte repose sur une conception renouvelée des processus économiques (décrit dans la section 8.3) et de la place de l'individu dans celle-ci. On retrouve trois caractéristiques chez les personnes collaborant fortement : 1) une forme d'humanité et d'humilité : « comme je le dis tout le temps, je ne connais rien, mais je connais du monde qui eux connaissent des choses »⁶⁶. 2) Une vision basée sur le long terme, des essais-erreurs avec les partenaires. 3) Une logique de l'individu plus proche de l'*homo donator* que de l'*homo æconomicus* (Godbout et Caillé, 1992; Godbout, 1998), comme le rappelle cet acteur : « C'est cette approche de collaboration là : tu aides le monde, et après ça, le monde te rappelle »⁶⁷. On retrouve là la logique du don, celle du donner-recevoir-rendre, qui appelle le contre-don chez le receveur : « Tu ne sais pas quand ça va revenir, ça ne reviendra peut-être jamais. Mais d'habitude, quand tu donnes, tu reçois plus que ce tu donnes »⁶⁸.

Ce type d'approche donne lieu à la collaboration forte, qui correspond à une œuvre collective plus qu'individuelle. « Du coup, l'observateur a bien du mal à répondre à la question du “qui a fait ça ?” à propos de la réalisation d'un bien ou d'un service. Il s'agit d'une réalisation collective dans laquelle il est difficile de dissocier les actions des uns et des autres. Mais, plus encore, chacune de ces actions obéissant à tout un ensemble de raisons qui ne peuvent être réduites aux normes du métier, l'observateur a également bien du mal à répondre à la question du “pourquoi font-ils ça ?” » (Alter, 2009, p. 17).

Lors de collaboration faible, les acteurs se retrouvent dans un système engendrant une forme de peur de découverte de qui l'on est, engendrant un refus de collaborer pendant le processus, c'est-à-dire une collaboration pauvre qui implique un risque important d'échec. Pour sortir de cette « spirale de la collaboration pauvre », c'est à celui qui a le pouvoir, ou plutôt qui a la

⁶⁵ Cité à la section 7.4.4.2

⁶⁶ Cité à la section 7.4.3.3. La personne à l'origine de cette citation est par ailleurs reconnue pour plusieurs de ces projets dans la grappe québécoise.

⁶⁷ Cité à la section 7.4.3.3

⁶⁸ Cité à la section 7.4.3.3

capacité à exercer le pouvoir, de montrer qu'il souhaite une vraie collaboration se plaçant au niveau des individus, donc extirpée d'attentes irréalistes et d'outils véhiculant une logique managériale néfaste pour la collaboration dans une projection virtuelle d'elle-même, correspondant à sa forme théâtralisée. Il faut pour cela établir une relation de confiance, c'est-à-dire un sentiment d'appartenance à une communauté basée sur des relations durables. Cette confiance s'établit par l'action des individus qui doivent démontrer qu'ils en sont dignes, puisque, comme le rappelle à juste titre un des acteurs interrogés, « la vraie collaboration, elle se fait au niveau de l'individu ». L'établissement de la confiance peut prendre différentes formes selon les acteurs et selon le contexte.

Cette confiance établie permet une relation conviviale entre partenaires, un espace favorisant le partage épistémique, l'établissement d'un *ba* (Nonaka et Konno, 1998) au sein du système de R&D étendu. Il y a alors collaboration durant le processus, c'est-à-dire une collaboration forte où l'importance et la densité des échanges de sens et de connaissances permettent de diminuer le risque d'échec, car celle-ci est plus efficace, et donc renforce le sentiment de confiance. C'est la « spirale de la collaboration forte » illustrée sur la Figure 8.5.

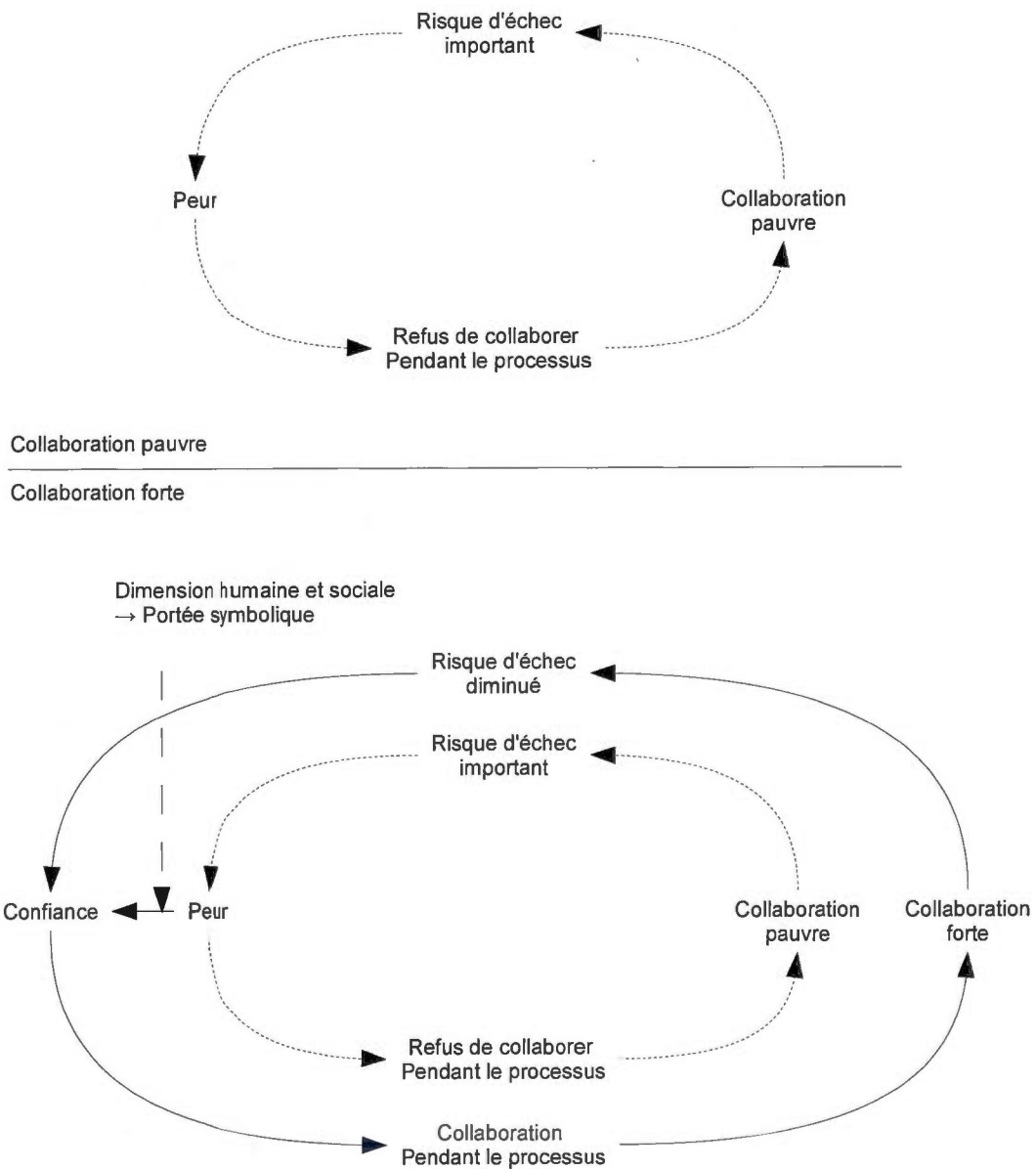


Figure 8.5 - Spirales de la collaboration pauvre et de la collaboration forte

Il ne s'agit pas pour autant d'une relation idyllique, mais d'un passage à un autre mode d'interactions. En passant du mode de R&D interne au mode externe au sein du système de R&D étendu, il y a un passage d'une coordination par le contrôle à une régulation par la collaboration à travers le réseau, qui donne l'illusion d'un pouvoir moins contraignant. Le système de R&D étendu met en place une nouvelle forme de pouvoir plus efficace, mais aussi

plus pernicieuse, car quasi invisible, forme actualisée du contrôle des corps (Foucault, 1975) passant dorénavant au contrôle des esprits, définissant de nouvelles méthodes de management qui s'apparentent à des technologies politiques ou disciplinaires de la pensée. Pour les premières, Michel Foucault les définissait comme « un ensemble de microdispositifs qui n'apparaissent pas comme le fruit d'une conception centralisée, d'un système de domination préétabli, mais comme un ensemble disparate de technologies, de règlements, de procédures, d'aménagements et de discours qui émergent à un moment donné » (cité par de Gaulejac, 2005). Celles-ci imposaient la docilité des corps, mais ici, il s'agit d'un contrôle de l'esprit. Les acteurs ne ressentent plus l'imposition d'un discours extérieur, ils le font leur, le prennent comme base de raisonnement de leurs propres recherches. Ces microdispositifs n'ont pas à être coordonnés, organisés ou encore réfléchis par un architecte pour devenir effectifs et former un système efficace de domination. Les acteurs ne ressentent dès lors plus la pression externe qu'ils ont faite leur, et ce d'autant plus que la R&D autour de l'avion vert se présente comme désintéressée, ce qui en renforce la capacité du réseau à être efficace sans mécanisme de contrôle.

C'est là qu'intervient la question du sens : l'objectif environnemental lié à l'éco-innovation donnant un sens aux individus, leur intériorité est préservée ce qui n'est pas le cas s'il n'y a pas d'objectif endogénéisé par les acteurs, ceux-ci étant alors peu à peu absorbés par la forme réseau du système de R&D étendu, celui-ci se substituant en quelque sorte à leurs attentes. Cela n'est pas sans poser de problèmes en termes de création, cette forme de domination éliminant peu à peu les singularités des individus pour les standardiser, et en retirer toute forme innovante, l'individu s'affaiblissant alors au fur et à mesure de son activité.

La collaboration concernant l'éco-innovation *avion vert* contribue à l'émergence d'une vision commune (projet fédérateur) au sein de ce système de R&D étendu, donnant une vision partagée aux acteurs sur laquelle il est plus facile de s'entendre, car au-delà de la simple question économique ou compétitive : « si l'on parle des gains environnementaux, c'est quelque chose qui rejoint tout le monde [...] Il n'y a personne qui est contre »⁶⁹.

⁶⁹ Cité à la section 7.4.5.2.a

En lien avec la signification émergeant de l'avion vert, la contribution à l'éco-innovation correspond à l'élaboration d'un « avenir pour l'humanité » comme l'expriment ces deux acteurs :

Là, ce n'est pas dans l'objectif d'aller faire du profit dans le dos de quelqu'un⁷⁰.

Ce n'est plus un rapport « je te donne de l'argent, et tu remplis ton contrat ». On le fait ensemble et j'ai l'impression que quand c'est vert, on a tendance à vouloir plus apprendre de l'autre et à plus collaborer⁷¹.

La collaboration forte autour de l'avion vert permet d'accélérer le passage à celle-ci. « Ça change vite. C'est très, très, très fermé puis c'est à sens unique. Ce n'est pas un mariage égalitaire. Jamais. Mais c'est en changement, à très très grande vitesse »⁷².

Ces changements reposent en partie sur les mécanismes de l'innovation ouverte, qui permettent d'obtenir une plus grande efficacité. Mais l'innovation ouverte en tant que telle est un processus de management que l'on qualifiera de rationnel, c'est-à-dire contribuant « à l'érection de mondes organisés pleinement réfléchis, totalement délibérés et libérés du poids des traditions, des croyances et des routines héritées du passé, de manière à atteindre une parfaite maîtrise réflexive de la vie organisée et de son destin » (Déry, 2007, p. 79). L'innovation ouverte vise l'efficacité et ne s'intéresse pas à la dimension humaine. Elle ne contribue pas à créer la confiance nécessaire à la collaboration, mais postule que celle-ci est déjà existante (ou à établir) et ne permet pas de créer du sens pour les acteurs.

Prise seule, l'innovation ouverte n'offre pas de motivation à l'adoption pour les acteurs, qui doivent changer leur *habitus*, leur culture ... sans but. L'alliance avec l'éco-innovation forme donc un système de gestion cohérent, celle-ci se plaçant dans le mode de management visant l'émancipation, c'est-à-dire un management qui « loge l'humain, sa quête du sens et du bien commun, sa poursuite effrénée de la liberté et de l'individuation, au centre de sa réflexion » (Déry, 2007, p. 79).

⁷⁰ Cité à la section 7.4.5.2.a

⁷¹ Cité à la section 7.4.5.3

⁷² Cité à la section 7.4.4.2

Or, ces deux modes de management rationnel et émancipateur sont complémentaires et nécessaires l'un à l'autre. Ils « se dédoublent puisque l'idéal de la modernité actualise le double projet des philosophes du siècle des Lumières, à savoir la rationalisation du monde de même que l'émancipation des humains par la subjectivation des collectifs » (Déry, 2007, p. 79). Il s'agit donc d'un système cohérent créant sens et efficacité, l'un n'étant possible que parce que l'autre existe. C'est peut-être là l'origine du succès du CRIAQ, que d'avoir fait de l'innovation ouverte avant que le concept ne devienne *à la mode*, et d'avoir développé un mode d'organisation où l'humain prend une place importante, par rapport à la mise en place d'un processus efficace, mais qui trop souvent se retrouvent vides de sens.

Au niveau du système de R&D étendu, le projet fédérateur ou mobilisateur joue le rôle de générateur de sens. L'avion vert, « ça donne un peu une raison, une espèce de portrait à atteindre et ça permet de concentrer des efforts sur des technologies, des procédés qui vont optimiser ça »⁷³. Certaines entreprises en profitent pour créer un nouvel écosystème cohérent ensemble, se servant de ce projet fort comme lien pour créer de la valeur économique comme ces PME travaillant ensemble au développement de solutions de services complémentaires à offrir à leurs clients comme un ensemble cohérent : « On travaille à bâtir ensemble une espèce de réseau. On va être capable d'offrir ce que souvent un intégrateur européen pourrait offrir »⁷⁴.

Objectif environnemental d'éco-innovation et mode d'organisation en innovation ouverte sont bien complémentaires à travers le projet fédérateur au niveau de la grappe aéronautique. Celui-ci représentant la direction, le sens et motivant les acteurs, celui-là assurant des modalités efficaces d'organisation en vue d'aboutir à l'objectif visé. « Les projets verts permettent de donner une communauté d'objectifs à des gens qui n'en ont peut-être pas. [...] Ça nous donne un but commun, et dans ce sens, cela favorise les collaborations »⁷⁵.

On retrouve là la production de rapports sociaux, de mode de cohésion propre à la production de biens matériels (l'avion vert comme objet) et de biens immatériels (le sens lié produit par

⁷³ Cité à la section 6.3.2.1

⁷⁴ Cité à la section 7.4.3.2.c

⁷⁵ Cité à la section 7.4.5.2.a

l'avion vert). Car, pour Vallée, chaque système social à son mode de production de biens sociaux. « Les rapports (sociaux) se modifient (processus) au hasard du jeu de divers facteurs, dont les facteurs économiques ne sont pas les moindres, modelés par chaque société (production) et lui appartenant en propre (biens) » (Vallée, 1985, p. 236). Ce lien fort, c'est bien ce qu'on retrouve chez cet acteur lorsqu'il énonce :

Je trouve que c'est plus gratifiant de se dire qu'on participe à améliorer la vie en général et la vie de nos enfants. Pour moi, c'est plus au niveau de l'humain et au niveau de la motivation du groupe donc indirectement ça impacte la collaboration. Parce qu'on le fait pour un objectif qui est sain, on ne le fait pas pour de l'argent ou... ça rajoute une dimension en fait à la collaboration⁷⁶.

Le système éco-innovation / innovation ouverte a comme conséquence de favoriser l'émergence et le transfert de savoirs : « ce qui aide beaucoup là-dedans, c'est qu'on crée des liens, on développe des connaissances, on peut faire des projets de démonstrations, et on apprend avec qui on travaille »⁷⁷. Plusieurs raisons à cela.

D'abord, il favorise des conditions propices à la gestion des connaissances en favorisant un climat de travail qui permet l'échange de connaissances tacites. La portée symbolique rendue possible par l'appartenance de l'avion vert au système sociopolitique au sein du système de R&D étendu permet d'étendre le modèle de Nonaka et Toyama (2005) illustré sur la Figure 2.5 au-delà des frontières de l'organisation. L'avion vert y joue le rôle de vision partagée, permettant l'établissement d'objectifs directeurs communs à travers la collaboration forte, et la dynamique dialectique entre pratique et dialogue, rendue possible par l'énergisation des *bas* par la vision partagée de l'avion vert.

Deuxième raison à la création de nouveaux savoirs : la sérendipité est simplifiée au sein du système de R&D étendu par la diversité des savoirs et des points de vue, comme le rappelle cet acteur : « il y a plein de projets de recherche qui sont faits par les entreprises auprès des centres de recherche ou des universités au niveau des collaborations interentreprises sur des thèmes auxquels ils n'auraient pas pensé »⁷⁸. Or la sérendipité est l'un des principaux moteurs de la découverte scientifique *de rupture* (Bourcier et Van Andel, 2011). La collaboration

⁷⁶ Cité à la section 7.4.5.3

⁷⁷ Cité à la section 7.4.3.2

⁷⁸ Cité à la section 7.4.3.1

permet donc de trouver — autour de la question de l'avion vert — ce que les acteurs ne cherchaient pas initialement.

Troisième raison, les différents savoirs ne se font plus isolément, mais au sein d'un ensemble, d'un système comme le rappelle cet acteur : « ce n'est pas juste au niveau du produit, mais du système »⁷⁹. Les connaissances et technologies développées sont plus interreliées et forment des ensembles cohérents, plus à même de relever les défis liés à la triple complexité de l'avion vert (technologique, combinatoire, industrielle). Ce positionnement au niveau du système permet de relever les défis liés aux changements de système économique discuté dans la troisième section.

Bilan d'étape de l'analyse

À ce stade, l'analyse démontre la capacité de l'avion vert à générer du sens, une forme de bien symbolique pour les acteurs et les groupes de travail, engendrant une capacité renforcée à créer des collaborations fortes autour de la dynamique de construction technique, managériale et symbolique de l'avion vert. Cela améliore la dimension humaine et sociale du travail, **ce qui permet de valider la perception 3 décrite dans la section 7.4.5.3 de liens forts entre avion vert et collaboration faisant système.**

8.3. L'éco-innovation *avion vert* comme marqueur de transformations économiques

Tout d'abord, une précision concernant cette section : si les deux précédentes sections résultent de l'analyse des données et résultats issus du terrain et observés comme tels, cette dernière section relève plus d'une recherche de signification orientée vers le futur, une réflexion prospective dans une perspective plus vaste, issue d'une réflexion sur l'avenir du secteur aéronautique et du système économique, et donc nécessairement plus hypothétique, même si elle demeure ancrée sur les observations réalisées, leurs interprétations et la littérature étudiée. Elle se base sur l'hypothèse de l'émergence d'un capitalisme cognitif (Azaïs et al., 2001; Corsani et al., 2001 ; Moulier-Boutang, 2007).

⁷⁹ Cité à la section 7.4.3.2

Cette démarche est triplement utile. 1) Elle permet de donner une signification globale à toutes les observations, résultats et analyses effectués, au-delà d'éléments épars, mais en les interprétant dans le cadre d'une théorie. 2) Elle s'inscrit comme argument dans une logique d'émergence d'un capitalisme cognitif — actuellement hypothèse de travail — et donc dans une logique d'amélioration du savoir et de construction scientifique autour de cet objet théorique. 3) Enfin elle permet de donner une vision et un sens aux acteurs, s'inscrivant dans une logique globale, qui, s'ils décident de la suivre, permet l'action à travers la construction d'une *stratégie de futur parfait*⁸⁰ (Pitsis et al., 2003) c'est-à-dire de l'élaboration d'un futur visant à le construire par prophétie auto-réalisatrice, démarche observée dans le cadre de la recherche à travers la mise en place de la stratégie technologique d'une des grandes entreprises interrogées à travers le processus de rétroplanification qu'elle met en place⁸¹.

Tout d'abord, un constat : on l'a vu dans le chapitre 6, l'avion vert en tant qu'éco-innovation correspond à une nouvelle orientation donnée au secteur aéronautique. Dans la première section de ce chapitre, on a vu que l'avion vert générait du sens pour les acteurs du secteur, et dans la seconde section, qu'elle produisait un nouveau mode de rapport social en réseau à travers la collaboration.

Or, comme le rappelle Vallée à propos de la production de biens matériels, symboliques et de rapports sociaux : « dans la réalité concrète des sociétés en devenir historique, ces trois dimensions sont étroitement liées ; et elles ne peuvent être comprises que dans leurs rapports dialectiques et historiques, et donc elles ne sauraient être que des angles sous lesquels la réalité sociale est envisagée » (Vallée, 1985, p. 199). On peut donc supposer la chose suivante : l'éco-innovation *avion vert* correspond à un cas spécifique de changement de bien matériel, symbolique et de rapport social qui correspond à l'émergence d'un changement de nature du système économique de la société.

⁸⁰ *future perfect strategy*

⁸¹ Présenté à la section 7.2.3.2

Cette interprétation est confortée par l'analyse historique du secteur, réalisée dans le Chapitre 4, où l'on distingue trois temps à l'avion : l'avion fiable, l'avion puissant, l'avion moins cher, et le quatrième temps en émergence qu'est l'avion vert, apparu dans les 5 dernières années.

On peut remarquer qu'à chaque temps, à chacune de ces périodes, correspond un mode différent du système économique. Au premier temps, on peut associer une logique de type fordiste, basée sur des patrimoines familiaux et le travail à la chaîne. À la phase de l'avion puissant correspond la logique industrielle et à celle de l'avion moins cher la logique financière.

Étant données les mutations du système économique présentées au Chapitre 1 et l'émergence de l'éco-innovation avion vert, on peut voir ce dernier comme le résultat de la logique économique émergente qu'on qualifiera de *logique cognitive environnementale*. Celle-ci supposerait une transformation du système économique qui se baserait sur le savoir, et serait orientée vers les connaissances environnementales, le tout dans un contexte mondialisé (Moulier-Boutang, 2007).

Dans le cas du secteur aéronautique, les acteurs centraux des trois premières phases sont respectivement l'entrepreneur, l'État et les compagnies aériennes⁸². On note toujours une correspondance entre la logique du système économique et l'acteur central. Si la logique cognitive environnementale est effectivement en émergence, on peut supposer tant d'un point de vue théorique que par l'observation découlant de la recherche que l'acteur central pourrait en être le système de R&D étendu.

En effet, la logique cognitive environnementale suppose une forme d'organisation basée sur la logique du savoir. Mais dans le même temps, on a vu que cette logique de savoir était de plus en plus distribuée, et que des formes d'organisation en réseau à travers le système de R&D étendu prenaient place pour lutter contre la triple complexité technologique, combinatoire et industrielle. Il serait donc cohérent que le système de R&D étendu, comprenant une multitude d'acteurs privés et semi-publics — comme les consortiums de

⁸² cf. Chapitre 4

recherche —, soit l'acteur central de cette nouvelle phase. Ces différentes phases sont présentées sur le Tableau 8.1.

Tableau 8.1 - Correspondance entre système économique et orientation de l'innovation

Période	Système économique	Phase de l'aéronautique	Acteur central
1900-1945	Logique fordiste	Avion fiable	Entrepreneur
1945-1975	Logique industrielle	Avion puissant	État
1975-...	Logique financière	Avion moins cher	Compagnies aériennes
2010-...	Logique cognitive environnementale	Avion vert	Système de R&D étendu

À chacune de ces logiques correspond une représentation type du système managérial, un monde organisationnel. À la logique industrielle correspond le monde organisé et planifié par la grande entreprise décrit par Galbraith (1968) avec la logique technologique qui la soutient. À la logique financière correspond un monde virtualisé, gouverné par des marchés tout puissants, reposant sur une logique de maximisation et d'instantanéité étudiée par Ebrahimi (2002). Cette logique a engendré une économie et un monde d'organisation déconnectés du terrain, de sa base, prenant des décisions sur des critères extérieurs à l'organisation. La logique cognitive environnementale viserait, à travers des réseaux comme le système de R&D élargi et ses liens avec la dimension environnementale, à une reconnexion de l'entreprise à sa réalité dans un contexte mondialisé.

8.3.1. Le système économique actuel : une logique financière

En suivant Bédard et al. (2011), on peut caractériser la logique financière du système économique à travers l'immédiateté, le maximalisme et l'immatérialité.

L'immédiateté ou court-termisme relève de l'instantanéité, accélération du temps soumettant l'être humain à ce dernier et le plaçant dans le présent (Hartog, 2003). Cette notion d'instant repose sur une conception du temps linéaire, « les modernes [ayant] en effet le sentiment d'une flèche irréversible du temps, d'une capitalisation d'un progrès » (Latour, 1997, p. 93). À force d'une recherche d'accélération, la durée finit par disparaître et par laisser place à une spirale folle, un temps hypermoderne (Lipovetsky et Charles, 2004) entraînant une urgence

permanente et destructrice (Aubert, 2003). Dans l'organisation, c'est la dictature du court terme, imposée par les actionnaires à la direction, et imposée par la direction aux acteurs. Or, « faire de la R&D avec un *payback* de 18 mois c'est très difficile »⁸³. Cela se traduit dans le système de R&D par une course effrénée à l'innovation, ayant comme conséquence une impossibilité à innover, comme le décrit cet acteur : « dans les dernières années, c'était beaucoup plus orienté production à court terme... On voyait que les gens décrochaient de plus en plus, ils ne donnaient plus le meilleur d'eux-mêmes parce qu'on leur enlevait l'aspect créativité. [...] Je te dirais que dans les dernières années ce n'était plus ce que c'était »⁸⁴.

L'espace de la logique financière est celui des marchés financiers, inexistants, ou plutôt virtualisés, immatériels. Cette immatérialité est favorisée par l'émergence des TIC qui en forment l'infrastructure — pourtant bien matérielle — et s'inspirant d'une conception désincarnée de la connaissance, elle vise à une plus grande efficacité en ne s'encombrant pas de considérations géographiques ou territoriales, concrètes, localisées. Elle est favorisée par les outils de gestion, qui jouent à plein leur rôle de technologies invisibles (Berry, 1983) et structurent le réel sans que la haute direction ne le voie, obsédée par une représentation chiffrée sous forme de tableaux de bord de l'organisation agrégeant un ensemble d'indicateurs, comme le rappelle cet acteur :

[les gestionnaires] ils ne sont plus là, ils sont déjà partis, ils ne sont plus là. Ils ne récoltent pas ce qu'ils ont semé. Les entreprises font de plus en plus de la gestion serrée, on fait des *bests practices*, on mesure nos KPI (*Key Performance Indicator*), et on fait du *lean*, et on fait du *lean*, et on fait du *lean*. À un moment donné on va être tellement *lean* que le monde va juste péter au fret...⁸⁵

Le maximalisme découle d'une conception linéaire de l'action humaine et du fonctionnement de l'économie. En se basant sur le passé, des projections sont faites sur le futur, sans prendre en considération la nature « résistante » de la réalité, qui à toute action oppose une réaction. Appliqué au système économique, c'est une recherche du profit maximal à laquelle est soumise l'organisation à travers la logique managériale. Or, l'organisation, c'est un ensemble de compromis entre plusieurs logiques et parties prenantes. Privilégier une partie, c'est le faire au détriment des autres. Lorsque cette pratique est systématique, elle nuit au climat de

⁸³ Cité à la section 7.1.3.4

⁸⁴ Cité à la section 7.1.3.4

⁸⁵ Cité à la section 7.1.3.4

travail et détruit le lien social. « Quelque part c'est juste les finances qui gouvernent l'entreprise. C'est dommage. [...] Ce n'est donc pas la finance le problème, c'est le fait de ne pas accepter de ne rien produire pendant un petit peu de temps, avoir de l'argent qui ne va pas rapporter »⁸⁶.

La logique financière à travers ces trois caractéristiques entraîne une *déconnexion* dans l'organisation entre la haute-direction et les acteurs œuvrant à la production ou à la production de savoirs dans le cas du système de R&D. « Il y a deux pyramides dans une entreprise, il y a du monde qui travaille vers le bas, et du monde qui travaille par en haut. À partir du *middle management*, le monde ne travaille plus pour les gens sous eux, ils travaillent pour ce qui se passe par en haut »⁸⁷.

Impact de la financiarisation sur le savoir

Quel est l'impact de cette logique financière sur le savoir ? On l'a vu section 7.1.3.3, l'accès aux ressources financières est un frein à la dynamique du savoir et limite l'innovation, car celle-ci coûte cher dans le secteur aéronautique. La maximalisation de la financiarisation ne fait que renforcer le frein aux ressources financières. En privilégiant le court terme sur le temps de la recherche — le long terme, l'organisation empêche toute forme de recherche créative. En cherchant l'immatérialité là où l'échange et la production de savoir nécessitent des liens forts et un échange réel entre acteurs, elle freine la gestion des connaissances comme l'exprime ce responsable :

c'est le bassin de connaissances qui est le plus important. Et ça, ça se fait en rencontre face à face, ça se fait dans le corridor, ce n'est pas dans une rencontre qu'on va faire la transmission de connaissances ça se joue au quotidien donc l'ambiance de travail s'il n'y a pas de communications c'est fini⁸⁸.

On observe donc une pression du système économique sur le système managérial se répercutant sur le système de R&D. Cela se traduit par une forme de bureaucratisation de la recherche autour d'indicateurs de contrôle visant à prouver un flux de création permanent, qui

⁸⁶ Cité à la section 7.1.3.4

⁸⁷ Cité à la section 7.1.3.4

⁸⁸ Cité à la section 7.3.1.3

permet de justifier l'allocation de budget à la R&D. Le système de R&D canalise son énergie à remplir ces objectifs, qui en assurant une R&D quotidienne, peuvent s'éloigner de la construction de savoirs à plus long terme, car les gains de productivités temporels ne se retrouvent pas nécessairement dans l'espace épistémique : le développement de savoirs nouveaux nécessite une certaine distanciation, un recul, et des conditions de travail que ne favorise pas la logique managériale d'ordre financière. Privilégiant l'innovation incrémentale sur les autres modes d'innovation à plus long terme, les acteurs du système de R&D n'ont plus le temps pour discuter, échanger, paraître improductifs en « *flyant* »⁸⁹, tout en ne l'étant pas. C'est là où « tu finis par te refermer et tu deviens stérile » en matière de nouvelles idées. En privilégiant la productivité à court terme, la logique financière limite les développements à long terme.

Par ailleurs, en cherchant à toujours accélérer, à augmenter l'efficacité des acteurs et du système de R&D, les acteurs ressentent un sentiment de manque de temps permanent, de précipitation, lié à cette accélération et à un manque de personnel. « C'est ce que le monde ressent le plus : on a plus le temps, on a plus la liberté »⁹⁰. Cela entraîne une incapacité à aider l'autre quand celui-ci en a besoin, à prendre le temps nécessaire à l'absorption de connaissances nouvelles ou les connaissances des autres, et donc à moyen terme à une baisse de la capacité à absorber ces connaissances. Cela engendre également une individualisation du système de R&D à travers la destruction du collectif.

En cherchant toujours à privilégier la productivité immédiate, le système managérial tend à limiter tous les espaces où les acteurs du système de R&D peuvent socialiser, créer une communauté, lieu d'échange de savoir tacite favorisant l'émergence de nouvelles idées et de nouveaux savoirs. Parce qu'il faut travailler sur des activités rentables, il y a une dévalorisation des activités sociales qui pourtant favorisent l'échange de savoir tacite.

On pouvait échanger le matin... Pour quelqu'un de l'extérieur, ça pouvait avoir l'air improductif parce qu'on n'était pas en avant de nos ordinateurs, on prenait le café, mais on parlait de nos problèmes, le monde parlait de tout « j'ai eu tel problème — ça me fait penser à ça. — Ah oui, c'est une bonne idée. » Le monde pouvait parler. On avait du *fun*, donc ça

⁸⁹ Cité à la section 7.1.3.4

⁹⁰ Cité à la section 7.1.3.4

n'avait pas l'air productif. Mais on livrait énormément de résultats dans cet environnement-là. Mais ça choquait certains gestionnaires⁹¹.

Cela engendre une perte des experts et des connaissances associées ainsi qu'une limitation des capacités d'absorption par ce manque de temps, manque de personnel ou fluctuation du personnel selon les cycles économiques, qui ne produisent pas un environnement serein pour la R&D, car les cycles du savoir sont des cycles longs.

La logique financière pousse donc à un double mouvement : tout d'abord, une externalisation et une recherche de collaboration avec d'autres entreprises en vue de réduire les coûts de R&D. Mais, dans le même temps, une recherche d'exploitation de ces partenaires, poussant la collaboration dans la *spirale de la collaboration pauvre*. Car à travers la collaboration, c'est le bien plutôt que le lien qui est recherché.

Une transformation des universités

La perte de capacité d'absorption, de connaissances, de personnel, de conditions favorables à l'émergence de savoir pousse les entreprises à la collaboration et notamment avec les universités. Cela permet une forme de récupération privée du travail fondamental réalisé par les chercheurs, mais financé en grande partie par des fonds publics. Si les universités sont moins soumises à ces contraintes, elles subissent petit à petit cette transformation marchande modifiant leur structure et leur logique managériale.

Certes, une forme d'interaction entre l'université et « le monde réel » est bénéfique tant à la société qu'à l'université. La société tire parti des derniers développements et du savoir des chercheurs. L'université a accès à de nouvelles formes de financement ainsi qu'à des enjeux pratiques permettant d'ancrer le développement du savoir dans une réalité concrète, permettant une forme de développement dialectique des connaissances.

Mais dans le même temps, et liée à la logique financière s'opère une double transformation de l'université :

⁹¹ Cité à la section 7.1.3.4

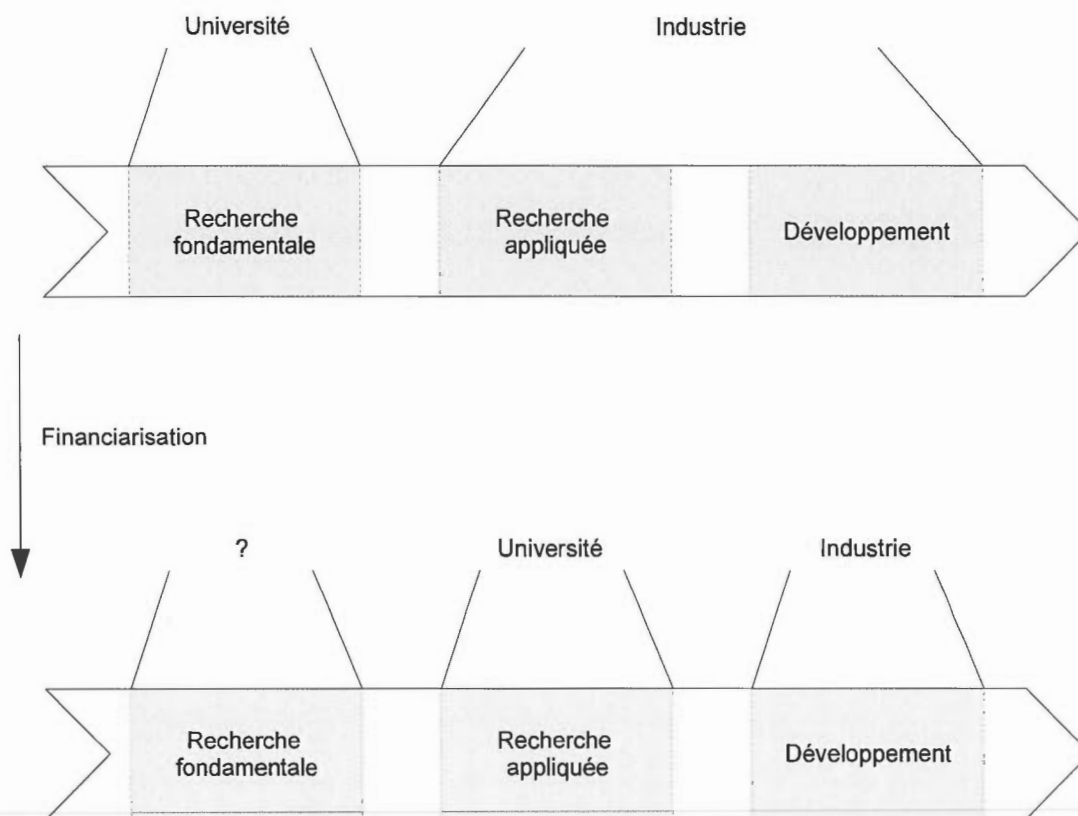


Figure 8.6 - Transformation du rôle de l'université à travers la financiarisation

1) Un rattrapage de la logique financière à l'intérieur de l'université par l'influence du système économique et le rôle des gouvernements dans le financement des institutions universitaires, mais également par une collaboration avec l'entreprise imposant ses pratiques en matière de développement de savoir, et par un recrutement du personnel administratif appliquant cette logique aux processus de production de savoirs et d'étudiants.

2) Conséquence du rattrapage évoqué en 1) et de la collaboration avec l'entreprise, il y a une logique de développement des connaissances appliquées au détriment des connaissances théoriques et de la recherche fondamentale, ce qui permet à l'entreprise de sous-traiter sa recherche à l'université.

On passe donc d'une forme d'organisation industrielle où l'université réalisait les recherches fondamentales, reprises dans l'industrie en recherches appliquées et en développements, à

une autre forme d'organisation industrielle où université et industrie collaborent sur des enjeux de recherche appliquée, l'industrie s'impliquant principalement sur les aspects de développement, multipliant l'émergence d'innovations continues. Ce modèle pose néanmoins des défis quant à savoir qui, aujourd'hui, réalise des recherches fondamentales, nécessaires aux recherches appliquées et développements de demain (voir la Figure 8.6).

8.3.2. Le système économique en émergence : une logique cognitive environnementale

On l'a vu, la logique financière entraîne une contradiction interne forte au sein du système productif basé sur le savoir, puisque son application est contradictoire avec l'émergence de nouveaux savoirs.

Or, on observe l'émergence d'une forme de logique cognitive environnementale, basée sur la production de connaissances et sur une forme d'organisation en réseau, comme l'illustre le système de R&D étendu et visant l'efficacité dans ce système de production comme la logique industrielle était efficace au sein du système économique de production de biens en masse.

La forme du réseau renvoie le monde des organisations à de nouvelles représentations de la place de l'entreprise dans la société, à sa façon de s'organiser, de faire des affaires, de collaborer et de se concurrencer. Ainsi, l'organisation en réseau comme mode d'organisation de ce nouveau système économique permet « un recentrage sur les activités, l'éclatement des centres de décision et la circulation 'transversale' des informations allant de pair avec un affaiblissement supposé de la hiérarchie, même si on reconnaît qu'elle puisse ne pas disparaître complètement » (Ferrary et Pesqueux, 2004, p. 19; Pesqueux 2002, p. 198).

Associé à la notion de réseau viennent les idées de décentralisation, proximité des centres de décisions et d'actions, frontières amoindries avec l'extérieur de l'organisation, appelant à la collaboration et la coopération. L'image du réseau séduit, car elle se trouve entre les figures traditionnelles de la hiérarchie, et celles 'anarchiques' du chaos. Cette nouvelle forme « se pose en quelque sorte comme forme ultime de l'innovation parce qu'innovation sociale

venant subsumer une forme technique » aboutissant ainsi au « nec plus ultra de l'innovation, l'innovation au sens pur du terme » (Pesqueux, 2002, p. 206).

L'éco-innovation et la forme réseau basées sur le développement des connaissances et sur la collaboration forment un maillage structurel d'objets, de liens et de sens, de personnes et d'institutions, un système technique au sens de Gille (1978).

La notion de réseau permet, tout en étant suffisamment floue pour sauter de l'une à l'autre, de sortir de l'opposition entre déterminisme technique (Ellul, 1990) et liberté totale, pour s'intéresser aux interactions, et à l'innovation qui en résulte (Castells, 1998).

Cela donne naissance à ce que Winner (2002) qualifie de somnambulisme technologique, à savoir une forme de choix fait en toute *non connaissance* de cause, par un aveuglement d'ordre idéologique ou simplement par non prise en compte d'éléments de réflexion autres que la logique purement technique elle-même. C'est là qu'intervient l'orientation prise par l'éco-innovation, à la fois objet technique et objet symbolique.

Comme objet technique, l'éco-innovation et la société sont intrinsèquement liées, l'une ne se comprenant pas sans l'autre, les deux s'influençant, s'associant pour démultiplier leurs forces respectives, naissant dans des réseaux réticulaires aux multiples perspectives possibles (Simondon, 1969).

À travers l'émergence des réseaux, la société se transforme, devient de plus en plus réticulaire, passant au développement informationnel, un quatrième changement de monde, après les révolutions du monde parlé, du monde écrit et du monde imprimé (Gusdorf, 1960; McLuhan, 1967) basée sur la logique du savoir, car « pour la première fois dans l'histoire, l'esprit humain est une force de production directe, et pas simplement un élément décisif du système de production » (Castells, 1998, p. 57). Pour devenir effectif, ce changement nécessite un sens, comme signification et comme direction à suivre. Ce sens, c'est la question de l'environnement qui la donne à travers l'éco-innovation. Elle permet de substituer au

triptyque maximisation, instantanéité et immatérialité, le nouveau triptyque homéostasie, temporalité et territorialisation.

De la maximisation à l'homéostasie. Les projets d'éco-innovations visent à une intégration au sein des écosystèmes naturels. Or la nature n'a pas la maximisation comme mode de fonctionnement, mais l'homéostasie, c'est-à-dire la capacité d'un système à conserver son état d'équilibre malgré les conditions auquel il est soumis.

L'éco-innovation doit donc, pour s'intégrer dans un système naturel, adopter ce mode de fonctionnement, de recherche d'équilibre avec l'extérieur. C'est une logique qu'ont déjà intégrée de nombreux acteurs du système de R&D comme ce responsable : « le mot vert veut dire, lorsqu'on observe la nature autour de nous, lorsqu'on observe des écosystèmes, que ce soit dans n'importe quel écosystème qu'on va observer, on le sait qu'il y a un équilibre qui se définit en fonction des ressources disponibles. Et cet équilibre fait en sorte que ce qui évolue et qui croît soit favorisé dans le contexte des ressources disponibles »⁹².

Cet état d'homéostasie est supporté par la dynamique humaine issue de la génération de sens, et nécessiterait un approfondissement dans des recherches futures.

De l'instantanéité à la temporalité. Le temps de la nature n'est ni l'instantané, ni la ligne droite propre à la conception moderne. Or, avec les formes réticulaires, « la prolifération des quasi-objets a fait craquer la temporalité moderne en même temps que sa Constitution » (Latour, 1997, p. 100) au profit d'un temps plus proche du réel, un temps en spirale.

De la sorte, l'éco-innovation nécessite une retemporisation, permettant de replacer l'action dans le temps, de donner aux équipes le temps nécessaire aux développements dont ils ont besoin. Aujourd'hui, ce n'est pas encore le cas comme l'illustre cet exemple donné par un responsable : « Établir une vision, l'expliquer à la direction pour qu'elle comprenne et qu'on fasse les investissements aujourd'hui pour là où l'on veut être dans 5-6 ans, c'est toujours un

⁹² Cité à la section 7.4.5.3

défi, peu importe la technologie dont on parle »⁹³. Pour rendre possible le développement d'innovations vertes, les acteurs doivent s'inscrire dans cette temporalité longue, sous peine d'échec. « C'est pour cette raison que nous, quand on se justifie au niveau des projets qui touchent à l'environnement, on justifie toujours avec le long terme. Jamais justifier avec le court terme. Si je prends nouveau procédé et ancien procédé, on est perdant à court terme [...]. C'est vraiment montrer la vision long terme pour pouvoir justifier de tout ça. Court terme : JAMAIS »⁹⁴.

La temporisation est aussi le temps du don et du contre-don, nécessaire à la collaboration forte : « tu donnes, tu donnes, tu donnes. À un moment donné, des fois ça revient vite vite vite, des fois ça revient ben ben ben tard, des fois ça revient par la bande, et le gars il est dans une autre organisation, mais il connaît ton attitude, il connaît tout ça, et ça revient différemment »⁹⁵.

De ce point de vue, les consortiums de recherche permettent de passer d'une logique à l'autre, notamment à travers la diminution du risque pour les organisations. « On voit dans le CRIAQ des projets qui sont assez « farfelus », c'est des technologies qui ont des chances d'échecs assez élevés, on prend des projets comme ça sans trop d'espoir. [...] Des fois il y a de très bonnes idées qui sont sorties, c'est des fois des pistes de réflexion [...] »⁹⁶.

De l'immatérialité à la territorialisation. Travailler dans un territoire virtuel est certes possible, mais pas nécessairement souhaitable pour développer des connaissances. Or l'innovation — et plus encore l'éco-innovation de par le manque de connaissances actuelles — est « épistémovore », c'est-à-dire nécessite un développement intensif de connaissances. Travailler à distance, comme l'énonce ce responsable, « on peut, mais c'est plus difficile, l'interaction est plus lente »⁹⁷. Or développer de nouveaux savoirs — qui plus est dans un contexte de collaboration forte — nécessite des interactions importantes et fréquentes.

⁹³ Cité à la section 7.1.2

⁹⁴ Cité à la section 7.2.1

⁹⁵ Cité à la section 7.4.3.3

⁹⁶ Cité à la section 7.4.2.2.3.b

⁹⁷ Cité à la section 7.4.2.1

Si je peux venir à votre bureau tous les jours et vous poser des questions, il y a pas mal de chance que vous donniez une plus grande priorité à mes besoins. Si on ne se voit jamais ou que je vous envoie un *e-mail* que vous pouvez lire, ou ne pas lire ou même ignorer, il y a une dynamique humaine ou plutôt une absence de dynamique humaine qui va influencer votre capacité à obtenir une bonne collaboration. Alors à travers la dimension géographique, il y a des problèmes de distance qui vont gêner, causer des problèmes pour la collaboration. Alors qu'entre les quatre murs de cet immeuble, nous allons pouvoir travailler ensemble plus efficacement non pas parce que nous sommes de meilleures personnes, ou de meilleurs êtres humains, mais tout simplement parce que nous sommes tous dans le même lieu. Cela permet vraiment une meilleure collaboration⁹⁸.

De ce point de vue, les consortiums de recherche et autres organismes intermédiaires jouent un rôle important en densifiant le territoire et en offrant des espaces de rencontre : « on a des 6 à 8 [...] tous les 3 mois à peu près. [...] C'est vraiment intéressant de voir comme on renforce des liens déjà existants, puisque tout le monde se connaît déjà dans ce domaine-là⁹⁹ ». La grappe aéronautique québécoise est déjà le lieu d'une importante dynamique territoriale, comme le montre Ben Hassen : « la relation entre l'aéronautique et le territoire de Montréal a considérablement évolué au cours des trente dernières années pour passer d'une relation où le territoire avait un rôle passif à un système régional d'innovation où le territoire joue un rôle actif dans sa structuration, notamment à travers l'action des acteurs et l'effet du sentiment d'appartenance et d'identité. [...] Le territoire est un facteur générateur d'interactions productives et sociales et [...] ces éléments sont nécessaires pour l'existence et le dynamisme d'un système d'innovation » (Ben Hassen, 2012, p. 258). Ce que confirme cet acteur :

ce n'est pas juste une histoire de financement c'est une histoire de comment tu crées la dynamique autour des joueurs et comment tu les fais collaborer ensemble et avancer ensemble. [...] Pratiquement tous les joueurs se connaissent et se fréquentent, on peut presque dire intimement, régulièrement. [Cela correspond à une] intimité du partenariat que le Canada et en particulier le Québec a réussi à développer. Je pense que ça, c'est une des histoires du succès¹⁰⁰.

À la maximisation, l'instantanéité et l'immatérialité de la logique financière, la logique cognitive environnementale oppose l'homéostasie, la temporalité et la territorialisation, ce qui permet une réorientation du développement des connaissances.

⁹⁸ Cité à la section 7.4.2.1

⁹⁹ Cité à la section 7.4.2.1

¹⁰⁰ Cité à la section 7.4.2.1

8.3.3. *Conséquence du changement de logique économique sur la logique épistémique*

Chacune des phases décrites dans le Tableau 8.1 donne au système de R&D une orientation différente quant aux technologies souhaitées et donc quant aux types de connaissances développées. On observe un double mouvement : 1) tout d'abord une construction basée sur les développements technologiques et épistémiques passés. On peut y voir une double dépendance aux sentiers technologique et épistémique. 2) Des champs nouveaux de développement s'ajoutent aux développements passés pour leur donner une nouvelle orientation, modifiant petit à petit le sillage du sentier tracé jusqu'à dévier la trajectoire pour en faire une orientation propre.

Au développement des connaissances orienté vers une forme de stabilisation et de fiabilité lors de la première phase de l'aéronautique (l'avion fiable), succède une phase de développement technique cherchant puissance, altitude, vitesse (phase de l'avion puissant). La troisième phase « rationalise » les coûts en cherchant à faire « autant avec moins », ou en améliorant le design des avions pour diminuer leurs coûts d'opération. Le développement des savoirs est orienté vers une diminution des coûts liés à l'achat et à l'exploitation de l'appareil. Dans le chapitre 6, on montre que l'orientation des savoirs se fait désormais en cherchant une amélioration environnementale de l'avion. Chacune de ces phases repose sur les phases de savoirs précédentes. Lors de la phase de l'avion vert, il n'est pas question de remettre en cause la fiabilité de l'avion, sa vitesse ou ses performances techniques, ni d'augmenter démesurément ses coûts.

On se retrouve donc dans un double mouvement à la fois dans la continuité et en rupture vis-à-vis du passé. La logique du système économique ou logique économique oriente la logique épistémique. Elle change l'orientation du type de connaissances poursuivies et développées.

Pour illustrer ces changements, on représentera ce mouvement sous une forme simplifiée sur la Figure 8.7. Ces formes logiques sont des simplifications correspondant à des idéaux types, la réalité étant toujours complexe et hybride. On retrouve néanmoins le raisonnement suivant. On présente sur cette figure deux dimensions parallèles : la logique économique et la logique

épistémique, c'est-à-dire le type de connaissances étudiées et développées. À chaque type de logique économique, il y a correspondance d'une logique épistémique. Ainsi, à un temps déterminé t , la logique économique va déterminer la logique épistémique qui prend une orientation différente, un chemin de connaissances qui donnera lieu à un ensemble de savoirs développés au sein de ce sentier épistémique.

Dans le secteur aéronautique, on observe, pour résumer, à chacune des 4 phases correspondant aux 4 logiques du système économique une orientation des savoirs différente. À la logique fordiste correspond un développement des connaissances rendant possibles l'avion fiable. À la logique industrielle correspond un développement des connaissances visant à développer l'avion puissant et rapide. À la logique financière correspond une volonté de développer des connaissances rendant l'avion moins cher. Et selon les chapitres 6 et 7, à la logique cognitive environnementale correspond la volonté de développer des connaissances diminuant l'impact sur l'environnement.

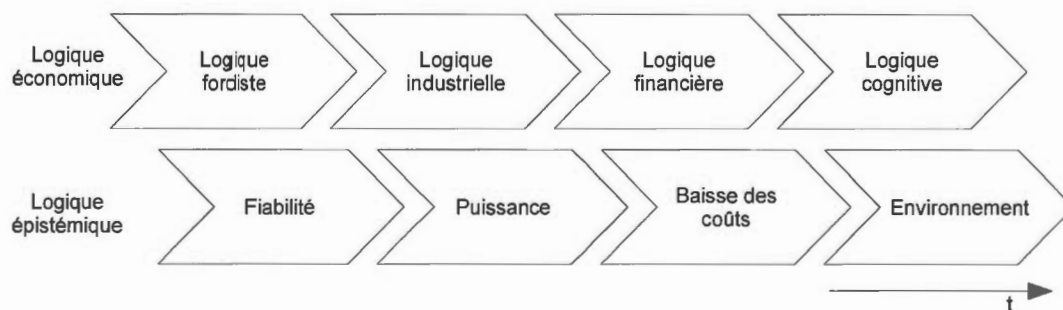


Figure 8.7 - Orientations des connaissances dans le secteur aéronautique

Chacune de ces logiques s'inscrit dans un système économique et un système sociopolitique visant la cohérence après leur émergence. Elles créent ainsi du sens pour les acteurs jusqu'à ce que la logique épistémique poursuivie soit en déphasage par rapport à la logique économique, créant alors un problème de cohérence et de signification.

On observe donc un lien entre logique économique, construction de sens et développement des connaissances. Les changements successifs de paradigmes économiques entraînent des volontés de changements technologiques modifiant l'orientation des savoirs.

Conclusion du chapitre

La conclusion de ce chapitre se tourne vers le futur, avec une réflexion sur le futur de l'avion l'avion et une discussion sur les limites et les perspectives de la recherche.

Le futur de l'avion vert

Tout d'abord on précisera que la logique cognitive décrite dans la section 8.3 — même si plusieurs éléments laissent à penser qu'elle émerge — relève encore de l'hypothèse de travail. La direction suivie d'un mode de développement environnemental, si elle s'appuie sur le sens et la raison, reste dépendante d'un choix de société. Si on se fie au passé, celui-ci tend à devenir de plus en plus important. La montée de la logique cognitive environnementale et sa concrétisation à travers l'éco-innovation relèvent donc de l'hypothèse.

Quel futur pour l'avion vert si on admet cette hypothèse ? Tout d'abord, une première remarque issue de l'OCDE : « les améliorations incrémentales et fragmentaires qu'apporterait la continuation des politiques actuelles au cours des décennies à venir ne seront pas suffisantes » (OCDE, 2012, p. 19). Cela revient à dire que si l'avion vert commence sa carrière comme ensemble d'innovations incrémentales, celles-ci vont plafonner dans les 10-20 années à venir. Il sera donc nécessaire de réfléchir à des modèles en rupture avec les modes de conceptions contemporains, tels par exemple les nouveaux *designs* proposés par la NASA (Drake, 2012).

Ces innovations de ruptures nécessiteront de repenser totalement non seulement l'objet technique, mais également son mode de production. Un exemple : dans de nombreux *design* non conventionnels, le moteur et le fuselage doivent interagir ensemble de manière intense. Alors qu'aujourd'hui, les deux produits sont conçus chacun relativement indépendamment l'un de l'autre, selon un cahier des charges, un tel *design* radical nécessiterait un co-développement du moteur et de l'avion. Il ne s'agit là que d'un exemple entre deux pièces de l'avion, mais généralisable à n pièces pour $n!$ interactions fortes de codéveloppement.

C'est là une chose difficile à mettre en place avec l'organisation industrielle actuelle. Cela nécessite donc un changement d'organisation industrielle. Deux voies sont alors possibles

1) La voie de l'entreprise intégrée, organisation qui concevrait une part très importante si ce n'est la totalité l'avion.

2) La voie de la collaboration dense : un ensemble d'entreprises travaillent ensemble dans des modes de collaborations fortes, échangeant données, informations et connaissances.

Les deux voies sont possibles, mais — au moins pour le Québec — la première voie semble difficile à suivre. La grappe québécoise devrait donc suivre la seconde voie, celle de la collaboration dense.

Mais on l'a vu dans cette thèse, établir une culture de la collaboration prend du temps et de l'énergie. Cela se fait par étape, en élaborant une relation de confiance entre acteurs pour petit à petit augmenter leurs capacités de collaboration en établissant des routines de travail. De ce point de vue, préparer ce futur à échéance de 15 à 20 ans nécessite une préparation dès aujourd'hui, pour relever les défis de demain.

Suivre l'approche collaborative décrite dans cette thèse ne sert pas uniquement à accélérer l'innovation incrémentale, mais joue son rôle de forme nouvelle de rapports sociaux correspondant à un autre ensemble de production de biens matériels et de biens symboliques, en permettant à l'industrie de créer dès aujourd'hui les conditions favorables à ce qui sera nécessaire demain pour continuer à concevoir et construire des avions. C'est ce que représente la Figure 8.8.

La voie d'une réforme de l'architecture générale de l'avion pour en faire une architecture ouverte est également intéressante.

Une open architecture. Aujourd'hui, un avion, en l'achetant en 2000, il n'est pas possible en 2010 de le ramener à la condition d'un avion de 2010. Et en 2020 quand on le réparera, le mieux que l'on puisse faire, c'est de le ramener à sa condition d'avion de l'an 2000. Serait-il possible en 2020, parce que les composites sont moins chers, de remplacer les ailes

d'aluminium par des ailes de composites ? De remplacer le train d'atterrissage ? Un avion vert serait un avion qui serait régénérable. C'est peut-être utopique, mais il faut tendre vers cette utopie. Cela permettrait à chaque génération de tendre vers le meilleur produit, plutôt que d'attendre que le produit soit totalement obsolète pour le remplacer¹⁰¹.

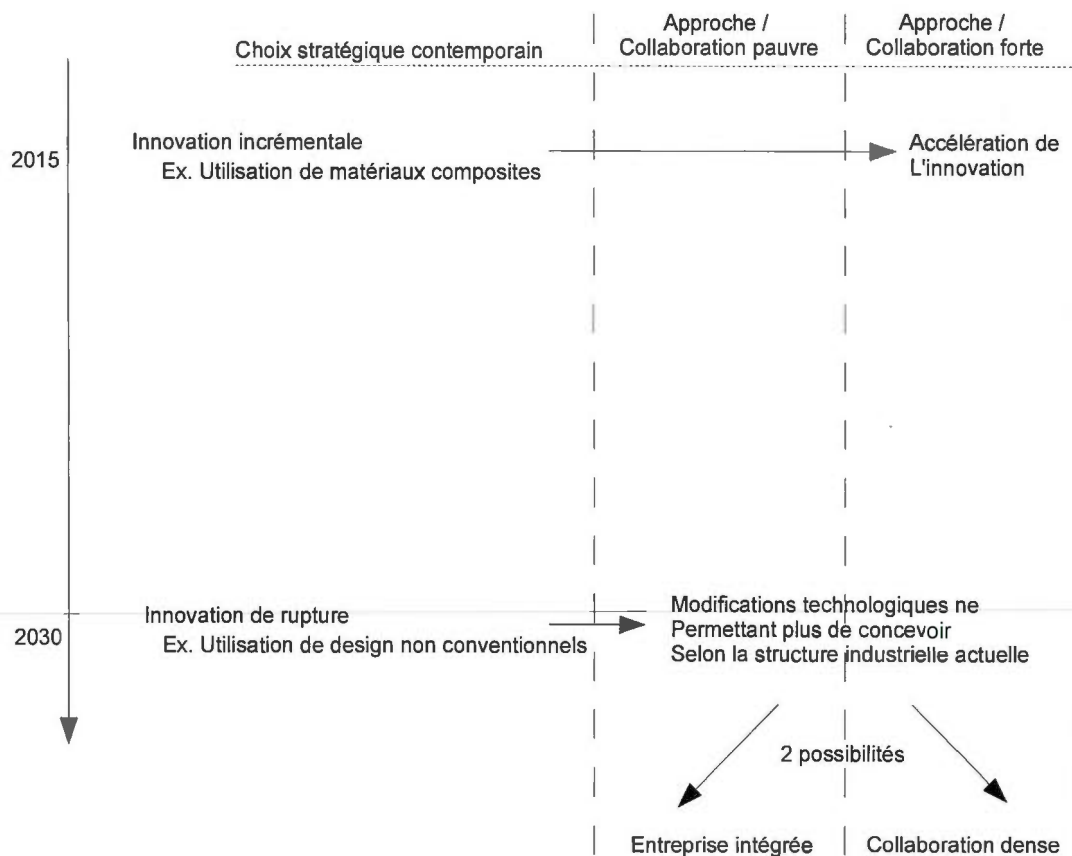


Figure 8.8 - Deux choix possibles d'organisation industrielle

Basée sur une conception par module, cette approche nécessiterait de réunir l'ensemble des parties prenantes concevant l'avion, fabricant l'avion, l'entretenant et le recyclant, mais également les autorités de régulations, des centres de recherches, etc. Il convient de réunir un grand nombre de parties prenantes et d'arriver à tendre vers une solution efficace, ce qui là aussi nécessiterait une forme de collaboration sur une redéfinition industrielle. Ce type de défi pourrait trouver sa place à travers un groupe de travail au sein l'OACI, organisme tout indiqué pour ce type de travail.

¹⁰¹ Cité dans la conclusion du chapitre 7.

Limites et perspectives de la recherche

Comme toute recherche, celle-ci a des limites liées à la méthode suivie. Ces limites offrent plusieurs voies intéressantes permettant d'approfondir différents aspects de cette recherche. Cette dernière section en décrit quelques-unes.

La première limitation d'ordre méthodologique à cette recherche concerne le nombre de participants. Certes, il y a eu saturation de données, mais la nature exploratoire de la recherche et diversifiée de l'industrie invite toujours à la prudence. Cette limite aurait également été similaire en doublant ou triplant le nombre de participants, et est inhérente au type de méthode utilisée. Une possibilité d'enraciner les résultats consiste à développer à partir des résultats présentés un questionnaire qui serait diffusé à grande échelle au sein de l'industrie pour en valider les résultats.

Concernant le thème de la génération de sens, qui a émergé lors de l'analyse des résultats, ce dernier n'a pas fait l'objet de questions spécifiques, et se trouve donc limité dans la validation des résultats, étant donné qu'il était impossible d'arriver à saturation sur cette dimension. Celle-ci s'est révélée être riche et fructueuse en terme d'analyse. Elle varie sans doute entre groupes au sein d'une organisation et entre organisations. D'autres facteurs peuvent l'influencer, comme la dimension générationnelle. Il serait tout particulièrement intéressant d'approfondir spécifiquement cette question du sens donné à l'avion vert lié aux spécificités des différents niveaux d'analyse : individu, communauté, organisation, système économique, le tout à travers une grille d'analyse spécialement réalisée autour de cette question.

Un autre sujet – émergeant de l'analyse des résultats – est apparu important et mériterait un approfondissement : il s'agit de la transformation des universités sous l'effet de la financiarisation du système économique. L'université s'approprie l'espace autrefois dévolue à l'entreprise, en occupant le terrain de la recherche appliquée (abandonné ou presque par l'entreprise), au détriment de la recherche fondamentale. Mais, la recherche fondamentale étant la source des recherches appliquées et des développements de demain, qu'en est-il de la capacité d'innovation de nos sociétés si les universités privilégient recherche appliquée à la recherche fondamentale ? Et quelles conséquences pour l'université du passage à logique

cognitive environnementale ? Ces questions, il n'est pas possible d'y répondre à partir des données de cette recherche, mais elles mériteraient indiscutablement un approfondissement.

Le rôle de la dimension générationnelle est également une dimension importante qui a émergé de la recherche. Celle-ci est à mettre en lien avec la génération de sens. Les travaux de Weick (1995) pourraient à ce sujet être mobilisés afin de relier les dimensions symbolique et générationnelle.

Un sujet a été relativement mis de côté dans la phase d'interprétation, malgré son importance : celui des consortiums de recherche. Ceux-ci jouent un rôle central comme institution facilitant la transition de système économique, en permettant de réduire le risque et d'inscrire la recherche dans un temps plus long. Le seul secteur aéronautique québécois comporte trois consortiums de recherche, et tant la dynamique de chacun de ces consortiums que leur dynamique commune s'avèrent intéressantes. Chaque consortium a ses spécificités en terme de règles de fonctionnement, de financement, d'acteurs dans la collaboration, etc. Pour ne prendre qu'un exemple, alors que l'acteur central dans le CRIAQ est l'université, c'est l'entreprise qui joue ce rôle pour SA2GE, ce qui change la nature de la collaboration. La réalisation de cas de projets s'intégrant au sein de ces consortiums s'avérerait très riche, et permettrait d'approfondir les enjeux trop souvent esquissés dans cette recherche — liés à la méthode — pour l'ancrer dans quelques cas concrets et suivis dans le temps.

Par ailleurs, il est difficile de généraliser cette recherche, réalisée sur le territoire du Québec, à l'extérieur de celui-ci puisque les caractérisations des systèmes sociopolitique et économique varient d'une région à l'autre. La recherche effectuée au Québec est associée aux valeurs et à la culture locale, mais il est parfois difficile de faire la distinction entre spécificité reliée à l'avion vert et spécificité reliée au Québec. Si certains résultats sont similaires, d'autres varient très certainement, et seule une analyse comparée serait à même d'établir la nature de ces différences. L'analyse des résultats montre l'importance du territoire comme élément d'ancrage dans le réel. D'autres dimensions ont également pu être effacées par l'absence de référent extérieur. Certes, les acteurs comparent d'eux-mêmes avec d'autres systèmes, mais selon leur cadre d'analyse, centré sur la production de l'avion vert comme

bien matériel. Une étude comparée avec une autre grappe aéronautique permettrait de mettre en évidence les dynamiques territoriales, et d'approfondir les liens avec le système sociopolitique et le système économique.

La recherche est également limitée dans le temps. Le thème de l'avion vert ne fait qu'émerger, et l'objet est encore loin d'être stabilisé, susceptible d'être bien différent dans 5 ou 10 ans de ce qu'il était au moment de la recherche. L'avion vert est un objet d'intérêt récent au sein du secteur. L'évolution du concept est marquée par le temps, et celui-ci s'institutionnalise. À moyenne échéance, il serait intéressant de retourner sur le terrain avec la même grille d'analyse, afin d'observer l'évolution de l'objet à travers le temps. Le mécanisme d'endogénéisation décrit dans cette thèse a-t-il fait son œuvre ? L'avion vert s'est-il répandu au-delà du système de R&D pour intégrer toutes les branches des organisations du secteur ? D'autres concepts porteurs de sens s'inscriront-ils dans la continuité de l'avion vert ?

L'avion vert correspond à un cas d'éco-innovation parmi plusieurs possibles. Là aussi, il est difficile de généraliser les phénomènes étudiés dans le secteur aéronautique à d'autres secteurs, disposant de leur propre culture, mode d'organisation industrielle, histoire, etc. Les éco-innovations peuvent prendre d'autres formes dans d'autres secteurs que le secteur aéronautique. L'avion vert n'est pas — et de loin — le seul objet vert en développement. Une étude d'autres éco-innovations dans d'autres secteurs économiques pourrait s'avérer pertinente en permettant une séparation entre les propriétés liées au contexte spécifique de l'aéronautique et celles observées dans d'autres secteurs. Par exemple, SA2GE a été créé dans le cadre des projets mobilisateurs du gouvernement du Québec de la stratégie québécoise de la recherche et de l'innovation 2010-2013 (MDEIE, 2010). Dans le même temps, trois autres projets ont été lancés dans trois autres secteurs : celui des transports (autobus électrique), le secteur forestier, le secteur des technologies de l'information et de la communication. Une étude entre ces projets permettrait de caractériser la place de l'éco-innovation et un secteur spécifique. Cela permettrait également d'enrichir l'hypothèse formulée à la section 8.3 d'un changement de logique du système économique vers une logique cognitive environnementale.

CONCLUSION

Ce travail de recherche a débuté par le constat de deux phénomènes concomitants : l'émergence d'un discours et de travaux autour de l'avion vert, une éco-innovation ; l'émergence d'un nouveau mode d'organisation de la recherche collaborative, l'innovation ouverte. La question se posait de déterminer si ces deux phénomènes étaient reliés l'un à l'autre ou s'il s'agissait d'une simple coïncidence temporelle.

À l'issue de cette recherche, on peut répondre à cette question : ces deux phénomènes sont reliés l'un à l'autre. Au moins de manière indirecte, mais très certainement par une relation bien plus forte, structurelle.

Pour en faire la démonstration, il a fallu plonger au sein du système de R&D, et montrer ses relations avec le système managérial et le système économique relevant du système sociopolitique, ainsi qu'avec les individus qui le composent et leurs connaissances.

Pour saisir la complexité des phénomènes étudiés, on en a détaillé les principaux concepts théoriques : le système économique et l'importance de la montée du savoir et de l'environnement au sein de celui-ci ; la nature des connaissances et les modes de gestion de celles-ci qui en découlent ; le système de R&D et son objectif d'innovation à travers la recherche d'éco-innovation et de modes de travail en collaboration notamment à travers la montée de l'innovation ouverte.

Pour placer la recherche dans l'espace et dans le temps, une description du secteur

aéronautique québécois a été réalisée ainsi que des trois phases historiques de l'aéronautique : l'avion fiable, l'avion puissant, l'avion moins cher. On montre alors l'émergence toute récente d'une quatrième phase qu'est la recherche de l'avion vert.

Mais l'avion vert étant un objet en émergence, ses frontières sont floues et à travers la recherche, on en a précisé la nature en en donnant la définition suivante :

l'avion vert est une éco-innovation, visant à réduire l'empreinte environnementale des aéronefs, notamment en diminuant leurs émissions globales, locales et sonores, en consommant une quantité limitée de carburant, en limitant l'usage de matériaux et procédés dangereux ou rares, et étant recyclables en fin de vie. Il répond à des critères définis par ses parties prenantes, nécessitant un arbitrage afin d'aboutir à un ensemble de compromis environnementaux, économiques, technologiques, humains et sociaux acceptables par les acteurs. Il a pour causes un ensemble de facteurs exogènes (réglementation, clients, concurrence, nouveaux entrants, société) et endogènes (intérêts des individus, des organisations, de l'industrie) et représente à la fois un avion plus efficace et un idéal inatteignable d'avion totalement propre. Il nécessite pour sa conception et sa réalisation un ensemble de pratiques managériales spécifiques¹⁰².

Une fois précisé l'objet technique, son mode de conception a été détaillé à travers la dimension managériale. On y a décrit et caractérisé le système de R&D, son mode de fonctionnement et ses limites en matière organisationnelle, financière et institutionnelle.

On a montré qu'au sein du système de R&D, il y avait des spécificités liées aux innovations environnementales, modifiant à la fois la perception des acteurs, les pratiques de travail et l'organisation même du système de R&D.

On a également détaillé les pratiques de gestion des connaissances — élément essentiel puisqu'au cœur du système de R&D. On y a montré que les conditions de travail favorables à l'émergence des connaissances tacites — essentielles pour le développement de haute

¹⁰² Définition provenant de la conclusion du chapitre 6.

technologie — étaient souvent déconsidérées, limitant l'efficacité du système de création et de partage de savoirs. On a montré que pour éviter un tel effet, il convient au système de R&D de maintenir de bonnes conditions pour leurs acteurs, permettant de maintenir ou de créer un bon climat de travail, qui lui-même permet une grande liberté de parole favorisant l'échange d'informations, permettant de contribuer à la gestion de la complexité des savoirs. On a observé et identifié quelques bonnes pratiques permettant d'y parvenir, notamment des pratiques de veille, de formation, l'établissement de communautés de pratique (ou s'apparentant à de telles communautés), le maintien d'une diversité notamment à travers des personnes disposant d'une formation dans plusieurs domaines permettant la diversité des points de vue.

Un ensemble de spécificités liées aux connaissances environnementales ont également été identifiées. Tout d'abord, les connaissances environnementales sont souvent très complexes (notamment en terme de complexité combinatoire) et/ou invisibles parce que non observées. Elles font trop souvent preuve d'une mécompréhension, et nécessitent et entraînent une réorganisation des savoirs. Travailler sur des projets environnementaux entraîne alors une réorientation des savoirs, voire des valeurs des individus à travers la volonté organisationnelle, les échanges intergénérationnels, l'excitation de la découverte et le rôle (indirect) des gouvernements, notamment à travers le financement de la recherche passant par les consortiums de recherche. Tout cela ajoute des contraintes, de nouvelles règles du jeu qui entraînent une créativité accrue et des modifications du processus de production des connaissances, notamment à travers une augmentation des collaborations.

Les pratiques collaboratives sont effectivement en hausse au sein du système de R&D. Elles sont facilitées par la structure de l'industrie québécoise, notamment la proximité des acteurs et les consortiums de recherche. Ces derniers jouent plusieurs rôles importants : facilitateurs, intermédiaires entre grandes et petites entreprises, entre l'industrie et l'université, catalyseurs d'apprentissage pour les étudiants, lieux de rencontre. Ils ont plusieurs conséquences sur le système de R&D : ils ont un effet de levier financier permettant l'orientation de la recherche vers l'environnement, ils autorisent une R&D à plus long terme portant sur des aspects plus

fondamentaux qui n'auraient pas été étudiés, ils accélèrent le développement de nouvelles connaissances, et ils contribuent à un changement de culture de la collaboration.

Car la culture du secteur aéronautique québécois est en transformation, acceptant petit à petit les pratiques collaboratives. La collaboration, initialement peu présente est aujourd'hui perçue comme positive : permettant des pratiques d'innovation et de gestion des connaissances plus efficaces, de réduction des risques notamment à travers une transformation de l'écosystème d'affaires, engendrant de nouvelles considérations d'ordre stratégique et des modifications dans la gestion du personnel. Quelques acteurs associent également quelques critiques à la collaboration, notamment liés à des formes de collaboration pauvre. Ce changement de culture se traduit au niveau individuel par une reconceptualisation de l'environnement économique, celui-ci œuvrant non plus simplement dans une organisation, mais dans un réseau, nécessitant d'autres modes d'action, notamment en tenant compte des effets de réputation, de l'entretien d'une relation avec l'autre et de l'importance d'aider les autres pour être aidé. Ces pratiques de collaboration posent des défis en terme de propriété intellectuelle comme mode de protection de la connaissance développée. Comment qualifier la contribution de chacun, l'espace épistémique n'étant proportionnel ni au temps ni aux efforts consacrés aux développements des connaissances. Pourtant, dans un contexte mondialisé, cette question est centrale et sera en mesure de simplifier ou de complexifier les collaborations. En augmentant les collaborations, l'industrie permet l'émergence d'une vision technologique commune, unifiée, moteur d'une action systémique plutôt qu'isolée et donc plus forte.

Toutefois, il est important quand on parle de collaboration de distinguer le type de collaboration : collaboration pauvre ou collaboration forte. La première en prend la forme, mais sans y mettre le fond, pour des raisons financières, culturelles, structurelles et juridiques. La collaboration forte repose sur la confiance, l'échange d'informations, la relation humaine, construite sur le temps. Chacune de ces collaborations a tendance à s'auto-entretenir, créant une spirale de la collaboration pauvre, de plus en plus pauvre ou une spirale de la collaboration forte, de plus en plus forte. C'est à travers la dimension humaine et le lien

porté par la signification de l'avion vert pour les acteurs qu'il est possible de passer d'un régime à l'autre.

Dans la dernière partie du chapitre 7, on montre les trois perceptions de la nature des liens entre l'avion vert et la collaboration, à savoir 1) une corrélation, 2) un ensemble de relations indirectes, 3) une relation directe faisant système. Les trois perceptions sont liées : la première perception est reprise au sein de la deuxième, elle-même reprise au sein de la troisième. Les perceptions 2 et 3 permettent de valider la thèse, ces dernières sont validées dans le chapitre 7 pour la perception 2 (à partir des résultats), et dans le chapitre 8 pour la perception 3 (à partir de l'analyse).

Ces résultats permettent dans l'analyse de considérer l'avion vert comme générateur de sens, comme porteur de collaboration forte, et dans la discussion, comme marqueur de transformation du système économique. On y montre que l'avion vert est à la fois un objet technique et matériel, mais également un objet symbolique immatériel et un objet relationnel favorisant la collaboration forte (rapport social). Ces trois éléments imbriqués tendent à montrer que l'avion vert est la forme d'éco-innovation dans le secteur aéronautique illustrant la transformation des systèmes sociopolitique et économique, marqueur d'une logique cognitive environnementale en émergence. S'opposant à la maximisation, l'instantanéité et la temporalité de la logique financière, cette logique est basée sur l'homéostasie, la temporalité et la territorialisation. On montre enfin le lien entre la logique épistémique orientée par la logique économique.

On synthétisera ce travail de recherche en exposant les principales contributions théoriques visant le monde académique et contributions pratiques à destination des professionnels du secteur aéronautique.

On retiendra de cette recherche trois *contributions théoriques*. Tout d'abord, cette thèse établit le lien entre l'innovation ouverte et l'éco-innovation. La deuxième contribution théorique est la démonstration de l'éco-innovation *avion vert* comme générateur de sens, comme porteur de collaboration forte et comme marqueur de transformations économiques.

Enfin, la troisième contribution théorique est la caractérisation de ces transformations économiques à travers la description de la logique cognitive environnementale.

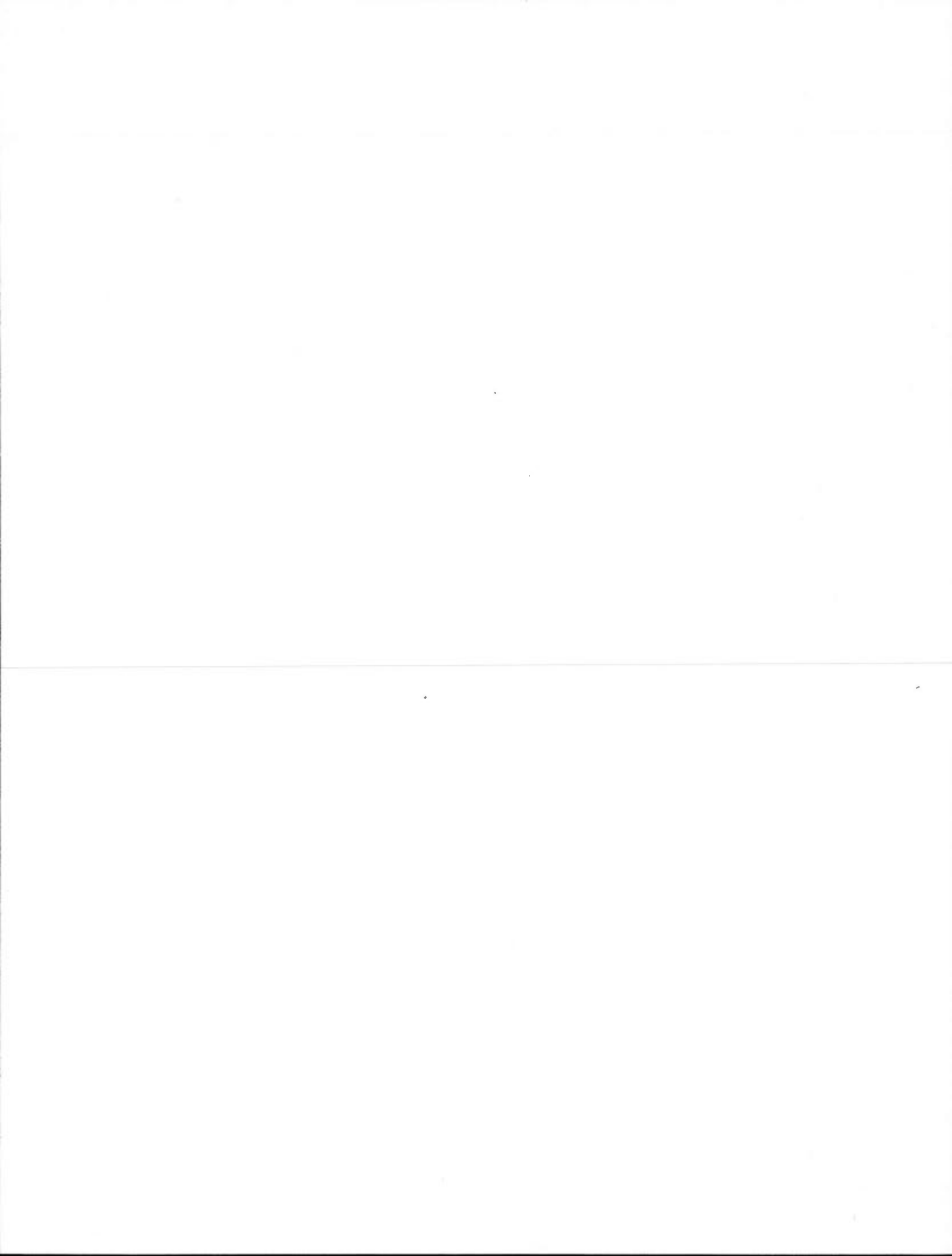
On retiendra également de cette recherche six *contributions pratiques*. La première contribution consiste en une meilleure compréhension pour les acteurs de l'avion vert, et notamment de ses dimensions invisibles (dimension humaine, dimension managériale). La deuxième contribution est la validation de l'importance des consortiums de recherche dans l'établissement d'un système de R&D efficace au niveau de la grappe aéronautique. La troisième contribution est la prise de connaissances de la dynamique et des phénomènes observés que les acteurs n'ont pas nécessairement l'occasion de voir dans leur ensemble. La quatrième contribution, liée à la troisième est la généralisation émergeant chez l'individu prenant connaissance des résultats et de l'analyse, susceptible de modifier sa pratique. La cinquième contribution est l'ancrage de la place de l'avion vert dans le système économique. Enfin, la sixième contribution est la réflexion proposée en conclusion du chapitre 8 concernant le futur de l'avion vert.

Les limites et pistes futures de recherches, discutées dans le chapitre 8 sont multiples : la recherche pourrait être élargie afin de recueillir plus de résultats sur le sens donné à l'avion vert par les acteurs. Les consortiums de recherche, institution permettant le passage à la logique cognitive environnementale mériterait une analyse spécifique, voire des recherches supplémentaires. Par ailleurs, on a une triple limite à la généralisation de la recherche : territoriale, temporelle et sectorielle. Ces trois limites pourraient mener à des pistes futures à travers une analyse comparée avec un ou plusieurs autres territoires, une analyse longitudinale afin d'étudier l'évolution de l'avion vert et du système de R&D, une analyse sectorielle comparant d'autres cas d'éco-innovation dans d'autres industries. Ces généralisations permettraient d'affiner l'analyse de l'émergence et de la caractérisation de la logique cognitive environnementale.

On conclura cette thèse sur une interrogation concernant l'avenir de l'avion vert et du secteur aéronautique québécois. On montre en conclusion du chapitre 8 que la voie de la densification des collaborations fortes est celle menant à la possibilité de l'avion vert du futur, basé sur des innovations de rupture. Cela est d'autant plus vrai dans un contexte où une entreprise intégrée entrante pourrait modifier l'équilibre fragile du secteur. Or, cette voie de

densification des collaborations fortes repose sur l'hypothèse de l'émergence de la logique cognitive environnementale. Mais, si cette hypothèse s'avérait invalide, la voie de la densification des collaborations fortes risquerait elle aussi d'être ébranlée, mettant en danger à la fois l'avion vert, mais également le secteur aéronautique québécois.

La logique cognitive environnementale pourrait s'avérer n'être qu'un courant environnemental au sein d'une logique financière continuant son œuvre de maximisation, d'instantanéité et d'immatérialité. L'opposition en émergence à ce triple mouvement à travers l'homéostasie, la temporalité et la territorialisation pourrait n'être que temporaire. La spirale de la collaboration forte risquerait alors de n'être qu'un mirage, et de grandes questions concernant l'avenir de l'avion vert, voire du système économique en général resterait indéterminées.



ANNEXES

Matériel d'entrevue : présentation de la recherche, formulaire de confidentialité, grille d'entrevue en français et en anglais.

Recherche doctorale

L'émergence des connaissances dans le secteur de l'aéronautique : une étude de l'innovation conduite par le concept d'avion vert.

Résumé du projet de recherche

Cette recherche porte sur l'*avion vert* ou avion écologique. Plus spécifiquement, elle cherche à établir les liens entre la gestion des connaissances et *avion vert*.

En effet, comme d'autres secteurs industriels, le secteur de l'aéronautique est actuellement en cours de transformation. Alors que les phases successives de l'aéronautique au cours du XXe siècle ont successivement cherché à construire un avion plus fiable (1900 – 1945), plus puissant (1945 – 1975), moins cher (1975 – début du XXIe siècle), on cherche aujourd'hui à concevoir un avion du futur plus respectueux de l'environnement à travers le concept de l'*avion vert*.

Pour arriver à concevoir celui-ci, il semble nécessaire aux acteurs de développer des savoirs nouveaux, appelant un accès à des connaissances externes ce qui engendre des modes d'organisation en réseau. Ainsi, les méthodes de construction de savoirs changent influencées par le système managérial et économique en amont.

Cette recherche vise à identifier les déterminants de la construction de savoirs dans cette nouvelle perspective.

Contact

Guillaume Blum, ing. jr, MBA, Ph.D. cand.
Chercheur au troisième cycle, chargé de cours
Groupe d'étude en management des entreprises de l'aéronautique (GEME Aéro)
ESG UQAM

Téléphone : +1 514-987-3000 poste 0231
guillaume@blum.qc.com

Cette recherche est réalisée au sein du groupe d'étude en management des entreprises de l'aéronautique de l'école des sciences de la gestion. Elle est subventionnée par le fond québécois sur la science et la société (FQRSC) et le conseil de recherche en sciences humaines du Canada (CRSH).



ESG UQAM

Fonds de recherche
sur la société
et la culture

Québec



Conseil de recherches en
sciences humaines du Canada

Social Sciences and Humanities
Research Council of Canada

Canada

Ph.D. Research

Emergence of knowledge in the aerospace sector: A study of innovation driven by the concept of green aircraft.

Summary

This research focuses on the *green aircraft*. More specifically, it seeks to establish the relationship between knowledge management and *green aircraft*.

Indeed, like other industries, the aerospace sector is currently in transformation process. While the successive phases of aviation in the twentieth century have successively sought to build a more reliable aircraft (1900 - 1945), more powerful (1945 - 1975), cheaper (1975 - early twenty-first century), we seek today to design an aircraft of the future more environmentally friendly through the concept of the *green aircraft*.

To achieve this design, it seems necessary to develop new knowledge, calling for access to external knowledge which generates modes of industrial organization in network. Methods to construct knowledge change influenced by the economic and managerial system upstream.

This research aims to identify the determinants of knowledge building in this new perspective.

Contact

Guillaume Blum, eng. jr, MBA, Ph.D. cand.
Ph.D. Researcher, lecturer
Group of enterprise management studies in aeronautics (GEMS Aero)
ESG UQAM

Phone : +1 514-987-3000 poste 0231
guillaume@blum.qc.com

This research is conducted within the group of enterprise management studies in aeronautics of the school of management ESG UQAM. It is financed by the Fond Québécois sur la Science et la Société (FQRSC) and the Research Council Research Council of Canada (SSHRC).



ESG UQAM

**Fonds de recherche
sur la société
et la culture**

Québec 



Conseil de recherches en
sciences humaines du Canada

Social Sciences and Humanities
Research Council of Canada

Canada 

IDENTIFICATION

Chercheur responsable du projet : Guillaume Blum
Programme d'enseignement : Doctorat en administration
Adresse courriel : guillaume@blum.qc.com
Téléphone : 514-987-3000 poste 0231

BUT GÉNÉRAL DU PROJET ET DIRECTION

Vous êtes invité à prendre part à ce projet de recherche visant à comprendre les liens entre l'avion vert et la gestion des connaissances, dans le but d'améliorer celle-ci. En cherchant à mieux identifier les problématiques liées à l'avion vert, la recherche vise également à adapter le mode de gestion des connaissances s'y rattachant. Ce projet est réalisé dans le cadre d'une thèse de doctorat sous la direction de Mehran Ebrahimi, directeur du groupe d'étude en management des entreprises de l'aéronautique, professeur titulaire au département de Management et technologie de l'ESG UQAM. Il peut être joint au (514) 987-3000 poste 3710 ou par courriel à l'adresse : ebrahimi.mehran@uqam.ca.

PROCÉDURE(S)

Votre participation consiste à donner une entrevue individuelle au cours de laquelle il vous sera demandé de décrire, entre autres choses, votre expérience passée, la façon dont vous concevez l'avion vert et le sens que vous lui donnez, votre organisation, le(s) projet(s) dans votre organisation relié(s) à l'avion vert, les connaissances produites, les pratiques de travail et de collaboration. Cette entrevue est enregistrée numériquement avec votre permission et prendra 1 à 2 heures de votre temps. Le lieu et l'heure de l'entrevue sont à convenir avec le responsable du projet. La transcription sur support informatique qui en suivra ne permettra pas de vous identifier, ni votre organisation sauf autorisation de votre part.

AVANTAGES et RISQUES

Votre participation contribuera à l'avancement des connaissances par une meilleure compréhension du concept d'avion vert, des liens avec la gestion des connaissances et des liens entre les deux. Il n'y a pas de risque d'inconfort important associé à votre participation à cette rencontre. Vous demeurez libre de ne pas répondre à une question que vous estimez embarrassante sans avoir à vous justifier. Vous avez également la possibilité d'arrêter l'enregistrement sonore si vous le jugez nécessaire.

CONFIDENTIALITÉ

Il est entendu que les renseignements recueillis lors de l'entrevue sont confidentiels et que seuls, le responsable du projet et son directeur de recherche, Mehran Ebrahimi, auront accès à votre enregistrement et au contenu de sa transcription. Le matériel de recherche (fichier codé et transcription) ainsi que votre formulaire de consentement seront conservés séparément dans un coffre-fort numérique par le responsable du projet pour la durée totale du projet. Les enregistrements ainsi que les formulaires de consentement seront détruits 2 ans après les dernières publications.

PARTICIPATION VOLONTAIRE

Votre participation à ce projet est volontaire. Cela signifie que vous acceptez de participer au projet sans aucune contrainte ou pression extérieure, et que par ailleurs vous êtes libre de mettre fin à votre participation en tout temps au cours de cette recherche. Dans ce cas les renseignements vous concernant seront détruits. Votre accord à participer implique également que vous acceptez que le responsable du projet puisse utiliser aux fins de la présente recherche (articles, conférences et communications scientifiques) les renseignements recueillis à la condition qu'aucune information permettant de vous identifier ne soit divulguée publiquement à moins d'un consentement explicite de votre part.

DES QUESTIONS SUR LE PROJET OU SUR VOS DROITS?

Vous pouvez contacter le responsable du projet au numéro (514) 987-3000 #0231 pour des questions additionnelles sur le projet. Vous pouvez également discuter avec le directeur de recherche, Mehran Ebrahimi, des conditions dans lesquelles se déroule votre participation et de vos droits en tant que participant de recherche.

Le projet auquel vous allez participer a été approuvé au plan de l'éthique de la recherche avec des êtres humains. Pour toute question ne pouvant être adressée au directeur de recherche ou pour formuler une plainte ou des commentaires, vous pouvez contacter le Président du Comité institutionnel d'éthique de la recherche, Joseph Josy Lévy, au numéro (514) 987-3000 #4483. Il peut être également joint au secrétariat du Comité au numéro (514) 987-3000 #7753.

REMERCIEMENTS

Votre collaboration est essentielle à la réalisation de ce projet et nous tenons à vous en remercier.

SIGNATURES :

Je, _____ reconnais avoir lu le présent formulaire de consentement et consens volontairement à participer à ce projet de recherche. Je reconnais aussi que le responsable du projet a répondu à mes questions de manière satisfaisante et que j'ai disposé suffisamment de temps pour réfléchir à ma décision de participer. Je comprends que ma participation à cette recherche est totalement volontaire et que je peux y mettre fin en tout temps, sans pénalité d'aucune forme, ni justification à donner. Il me suffit d'en informer le responsable du projet.

Signature du participant :

Date :

Nom :

Organisation :

Poste occupé :

Adresse courriel :

Téléphone :

Signature du responsable du projet :

Date :

Veillez conserver le premier exemplaire de ce formulaire de consentement pour communication éventuelle avec l'équipe de recherche et remettre le second à l'interviewer.

Grille d'entrevue

Organisation

Introduction - contexte

- 1 Pouvez-vous brièvement décrire votre contexte et environnement de travail (organisation, projets, environnement de travail) ?
- 2 Quel est votre rôle actuel dans votre organisation (animation, coordination, direction, etc.)?

Vision du futur - opérationnalisation

- 3 Quels sont les objectifs mis de l'avant par l'organisation?
- 4 Quelle est la vision de l'avenir à court, moyen, long terme de votre organisation du secteur aéronautique? Prête-t-elle à controverse? Est-elle largement partagée, et dans quelle mesure?
- 5 Votre propre vision est-elle identique? Différente?
- 6 L'avion vert fait-il partie de ces visions?
- 7 Dans quelle mesure votre travail s'inscrit-il dans cette vision?

Pratiques de travail - méthodes de management

- 8 Quelles méthodes (formelles / informelles) de management sont utilisées dans votre projet / organisation?
- 9 Comment qualifieriez-vous l'ambiance de travail, le partage d'information, dans votre organisation? Au sein de votre équipe / projet / département?
- 10 Selon vous, les méthodes et l'ambiance de travail permettent-elles de faciliter/complexifier la transmission de connaissances? La création de connaissances?
- 11 Ces pratiques sont-elles favorables/défavorables à la conception d'un avion vert?

Management des connaissances

- 12 L'entreprise a-t-elle mis en place des systèmes de partage d'information et de transfert de connaissances entre collègues (système d'information, intranet, programme de rencontre-formation continue...)? Lesquels? (stockage et communication de la connaissance). Comment les évaluez-vous?
- 13 Actualisez-vous et vos collègues souvent vos connaissances? Comment? Participez-vous à des salons? Des cycles de formation continue? L'entreprise vous y encourage-t-elle? Vous facilite-t-elle les choses? Comment estimez-vous la qualité des moyens d'actualisation des connaissances que vous utilisez?
- 14 Selon vous, ces différentes pratiques permettent-elles de faciliter/complexifier la transmission de connaissances? La création de connaissances?
- 15 Avez-vous du modifier des pratiques de travail / méthodes de management pour produire / transmettre ces nouvelles connaissances?
- 16 Ces pratiques sont-elles favorables/défavorables à la conception d'un avion vert?

Avion vert

- 17 Pour vous, qu'est-ce que l'avion vert? Quelles dimensions sont importantes pour qu'un avion soit qualifié de vert?
- 18 Dans quelle mesure votre organisation / département / projet contribue-t-il à la réalisation d'un avion vert?
- 19 D'où vient l'intérêt de votre organisation à l'avion vert?
- 20 Cet intérêt est-il partagé par les membres de l'organisation? Dans quelle mesure?
- 21 Quel est l'historique de l'avion vert au sein de votre organisation / projet / département?
- 22 D'où viennent les projets verts? Comment ont-ils été initiés?
- 23 Comment ces projets sont-ils perçus?

Projet vert

- 24 Pouvez-vous me décrire un/plusieurs projets reliés à la conception d'un avion vert?
- 25 À quels problèmes techniques et managériaux avez-vous été confrontés lors de ces projets?

- 26 Ces projets font-ils l'objet de consensus? Dans quelle mesure?
- 27 Quelles sont les controverses liées aux projets verts?
- 28 Selon vous, travailler sur un projet « vert » modifie-t-il les pratiques de travail?

Connaissances produites

- 29 Quelles connaissances maîtrisez-vous aujourd'hui lié à la conception de l'avion vert? Quelles sont les connaissances nécessaires?
- 30 Quelles connaissances avez dues développer spécifiquement pour ces projets verts?
- 31 Pouvez-vous décrire le cycle ayant mené à ces nouvelles connaissances?
- 32 Qualifieriez-vous ces projets de plus complexes en termes de connaissances?
- 33 Quels objectifs en termes de connaissances liées à l'avion vert visez-vous dans le futur? Sur quelle base avez-vous établi ces connaissances-là?
- 34 Selon vous, les types de connaissances produites dans des projets verts sont-ils de même nature / différents des connaissances produites dans des projets non verts?
- 35 Comment évalueriez-vous la production de connaissances liée à des projets verts vs des projets « non verts »?
- 36 Selon vous, travailler sur un projet « vert » modifie-t-il le type de connaissance produite? Le processus de production de ces connaissances?

Pratiques de collaboration

- 37 Quelles sont les origines des pratiques collaboratives dans votre organisation? Dans votre équipe?
- 38 Comment s'initient les collaborations?
- 39 Comment qualifieriez-vous les pratiques de collaboration de votre organisation?
- 40 Comment qualifieriez-vous les pratiques de collaboration de votre équipe de travail?
- 41 L'organisation favorise / défavorise-t-elle les pratiques collaboratives ? Fait-elle preuve de « schizophrénie »?
- 42 Ces collaborations ont-elles un lien avec la production de connaissances? Les favorisent / défavorisent-elles?
- 43 Dans quelle mesure allez-vous chercher ces connaissances ailleurs? Pour les amener ici? Pour les laisser ailleurs? Pourquoi ne pas rapatrier ces connaissances-là?
- 44 Ces collaborations ont-elles un lien avec la nature « verte » du projet?
- 45 Selon vous, un projet vert favorise/défavorise-t-il les pratiques de collaboration? Pourquoi?

IDENTIFICATION

Researcher responsible of the project: Guillaume Blum
Education Program: Ph.D. in Administration
Mail: guillaume@blum.qc.com
Phone: 514-987-3000 poste 0231

GENERAL PURPOSE OF THE PROJECT AND DIRECTION

You are invited to take part in this research project to understand the links between green aircraft and knowledge management in order to improve it. In seeking to better identify issues related to the green aircraft, the research also aims to adapt the mode of knowledge management. This project is part of a doctoral thesis under the direction of Mehran Ebrahimi, director of the group of enterprise management studies in aviation (GEMS Aero), professor in the Department of Management and Technology ESG UQAM. He can be reached at 514-987-3000 #3710 or by email at: ebrahimi.mehran@uqam.ca.

PROCEDURE

Your participation is to give an individual interview during which you will be asked to describe, among other things, your past experience, how you design green aircraft and the meaning you give it, your organization(s) project(s) in your organization connected(s) to green aircraft, the knowledge, work practices and collaborations. This interview is digitally recorded with your permission and take 1-2 hours of your time. The place and time of the interview are to be agreed with the researcher. Transcription will not allow to identify you or your organization unless your permission.

BENEFITS AND RISKS

Your participation will contribute to the advancement of knowledge through a better understanding of the concept of green aircraft, links knowledge management and links between the two. There is no risk of significant discomfort associated with your participation in this meeting. You remain free not to answer a question that you feel awkward without having to justify yourself. You can also stop recording sound if you deem it necessary.

CONFIDENTIALITY

It is understood that the information collected during the interview is confidential and that only the researcher and research director, Mehran Ebrahimi, have access to your registration and content of its transcription. Research material (encoded file and transcript) and consent form will be stored separately in a safe digital project manager for the duration of the project. Records and consent forms will be destroyed two years after the last publication.

VOLUNTARY PARTICIPATION

Your participation in this project is voluntary. This means that you agree to participate in the project without any external pressure or coercion, and also you are free to discontinue participation at any time during this research. In this case your information will be destroyed. Your agreement to participate also implies that you agree that the project manager can use for this research (articles, conferences and scientific papers) information collected provided no information that identifies you is not publicly disclosed unless explicit consent from you.

QUESTIONS ABOUT THE PROJECT OR YOUR RIGHTS?

You can contact the project manager at the number 514-987-3000 #0231 for additional questions about the project. You can also discuss with the director of research, Mehran Ebrahimi, the conditions under which unfolds your participation and your rights as a research participant.

The project you are going to participate was approved ethical research with human beings. For any questions can be directed to research or to make a complaint or comment, you can contact the Chair of institutional research ethics, Josy Joseph Levy at 514-987-3000 #4483. It can also be attached to the secretariat of the Committee at 514-987-3000 #7753.

THANKS

Your cooperation is essential to the realization of this project and we want to thank you.

SIGNATURES :

I, _____ have read this consent form and voluntarily consent to participate in this research project. I also recognize that the project manager has answered my questions satisfactorily and I have arranged enough time to think about my decision to participate. I understand that my participation in this research is completely voluntary and that I can be terminated at any time, without penalty of any kind or to provide justification. I just need to inform the project manager.

Signature of Participant:

Date :

name:
organization:
Position:
Email Address:
phone:

Signature of the researcher:

Date :

Please keep the first copy of this consent form for communication with potential research team and return to the second interview.

Interview schedule

Organization

Introduction - background

- 1 Can you briefly describe your background and work environment (organization, projects, work environment)?
- 2 What is your current role in your organization (animation, coordination, direction, etc.)?.

Vision of the future - operationalization

- 3 What are the objectives put forward by the organization?
- 4 What is the vision of the future in short, medium and long term of your organization in the aerospace sector? Is it subject to controversial? It is widely shared?
- 5 Your own vision is it the same? Different?
- 6 The green aircraft is it part of these visions?
- 7 How your work fit into this vision?

Work practices - management methods

- 8 What methods of management (formal / informal) are used in your project / organization?
- 9 How would you describe the working environment, sharing information within your organization? Within your team / project / department?
- 10 According to you, the methods and the work environment are facilitate / complicate the transmission of knowledge? Knowledge creation?
- 11 Do you think these practices are favorable / unfavorable to the development of a green aircraft?

Knowledge management

- 12 Does the company have established information systems to share and transfert knowledge between colleagues (information system, intranet, meeting program, training ...)? Which? (storage and communication of knowledge). How do you rate?
- 13 You and your colleagues, do you refresh often your knowledge? How? Do you participate to conference and colloque? Cycles of training? The Company encourages you to do it? How do you estimate: the quality of the knowledge update system?
- 14 According to you, these practices can facilitate / complixify the knowledge transmission? Knowledge creation?
- 15 Do you have to change work practices / management methods to generate / transmit this new knowledge?
- 16 Do you think these practices are favorable / unfavorable to the development of green aircraft?

Green aircraft

- 17 For you, what is a green aircraft? What dimensions are important to qualify an aircraft of green?
- 18 How your organization / department / project is contributing to the achievement of a green aircraft?
- 19 Where is coming your organization's interest in green aircraft?
- 20 Is this interest shared by members of the organization? To what extent?
- 21 What is the history of the green aircraft within your organization / project / department?
- 22 Where coming from green projects? How were they introduced?
- 23 How these projects are perceived?

Green projects

- 24 Can you describe one / several projects related to the design of a green aircraft?
- 25 What technical and managerial problems have you in these projects?
- 26 These projects are subject to consensus? To what extent?
- 27 What are the controversies related to green projects?
- 28 Do you think that working on a "green" project is changing work practices?

Knowledge produced

- 29 Now, what do you have as knowledge related to the design of green aircraft? What knowledge is needed?
- 30 What kind of knowledge do you have to specifically developed for these green projects?
- 31 Can you describe the cycle that led to this kind of new knowledge?
- 32 Would you describe these projects as more complex in terms of knowledge?
- 32b Would you describe these projects as more multidisciplinary in terms of knowledge?
- 33 What are the objectives in terms of knowledge related to the green aircraft are you targeting in the future? On what basis did you determine these knowledge?
- 34 According to you, the types of knowledge produced in green projects are they similar / different that knowledge produced in non-green projects?
- 35 How would you rate the production of knowledge related to green projects vs. "no-green" projects?
- 36 Do you think that working on "green" project changes the type of knowledge produced? The production process of this knowledge?

Collaborative practices

- 37 What are the origins of collaborative practices in your organization? In your team?
- 38 How collaborations are initiate?
- 39 How would you describe collaborative practices of your organization?
- 40 How would you describe collaborative practices of your team?
- 41 The organization promotes / disadvantages collaborative practices? Does evidence of "schizophrenia" (double personality)?
- 42 Do you think these collaborations are linked to the knowledge production? Positively / Negatively?
- 43 How do you get this knowledge elsewhere? To bring them here? To let them elsewhere? Why not bring these skills then?
- 44 Do you think these collaborations have a link with "green" nature of the project?
- 45 According to you, a green project promotes / disadvantage collaborative practices? Why?

BIBLIOGRAPHIE

- Abbott, Andrew. 1992. « From Causes to Events: Notes on Narrative Positivism ». *Sociological Methods & Research*, vol. 20, no 4, p. 428-455.
- Abernathy, William J. et James M. Utterback. 1978. « Patterns of Industrial Innovation ». *Technology Review*, vol. 80, no 7, p. 40-47.
- Abraham, Yves-Marie, Louis Marion, et Hervé Philippe (dir.). 2011. *Développement durable versus décroissance. Débats pour la suite du monde*. Les Editions Ecosociété.
- Abramovitz, M. et P. A. David. 1973. « Reinterpreting economic growth: parables and realities ». *The American Economic Review*, vol. 63, no 2, p. 428-439.
- Acha, V. et S. Brusoni. 2008. « The changing governance of knowledge in avionics ». *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 17, no 1, p. 43.
- Achrol, Ravi S. 1996. « Changes in the Theory of Interorganizational Relations in Marketing: Toward a Network Paradigm ». *Journal of the Academy of Marketing Science*, vol. 25, no 1, p. 56.
- Aerocyclopedia. 2010. « Annex 1 ». *Aerocyclopedia*. En ligne. <aerocyclopedia.com>.
- Aéromontréal. 2012. « Profil de l'industrie aérospatiale ». En ligne. <http://www.aeromontreal.ca/content/uploads/files/05072012/AERO_0246_ProfilAero_FR_LR.pdf>.
- Aguiton, Christophe et Dominique Cardon. 2007. « The Strength of Weak Cooperation: An Attempt to Understand the Meaning of Web 2.0 ». *Communications and strategies*, no 65, p. 51-65.
- Airbus. 2010. « 2010: Airbus deliveries until January 31 ». En ligne. <http://www.airbus.com/en/corporate/orders_and_deliveries/>.
- Aktouf, Omar. 1990. « Le symbolisme et la culture d'entreprise. Des abus conceptuels aux leçons du terrain ». Dans *L'individu dans l'organisation*, sous la dir. de Jean-François Chanlat, p. 553-588. Québec : Presses de l'Université Laval.
- . 1994. *Le management entre tradition et renouvellement*. 3^{ème} édition. Gaetan Morin.
- . 2002. *La stratégie de l'autruche. Post-mondialisation, management et rationalité économique*. Montréal : Ecosociété.
- . 2008. *Halte au gâchis! En finir avec l'économie-management à l'américaine*. Liber.
- Albert, Michel. 1991. *Capitalisme contre capitalisme*. Paris : Seuil.
- Alcouffe, Christiane. 2001. « Formes de coopération interentreprises: l'organisation de la R & D dans l'aéronautique et le spatial ». *Note du LIRHE*, vol. 356, no 01-19, p. 29.
- Alquier, Claude. 2003. *Dictionnaire encyclopédique économique et social*. 2nde édition. Economica.
- Alter, Norbert. 2003. « Innovation organisationnelle entre croyance et raison ». Dans *Encyclopédie de l'innovation*, sous la dir. de P. Mustar et H. Penan. Paris : Economica.
- . 2009. *Donner et prendre : La coopération en entreprise*. Editions La Découverte.
- Amabile, Serge et Martine Gadille. 2006. « Coopération interentreprise, système d'information et attention organisationnelle ». *Revue française de gestion*, vol. 164, no 2006/5, p. 97-118.

- Amabile, Teresa M. 1998. « How to kill creativity ». *Harvard Business Review*, vol. 76, no 5, p. 76-87.
- Amabile, Teresa M., Regina Conti, Heather Coon, Jeffrey Lazenby et Michael Herron. 1996. « Assessing the Work Environment for Creativity ». *The Academy of Management Journal*, vol. 39, no 5, p. 1154-1184.
- Amin, Samir. 1991. *L'empire du chaos - La nouvelle mondialisation capitaliste*. Editions L'Harmattan.
- Ancona, Deborah Gladstein et David. F. Caldwell. 1992. « Demography and Design: Predictors of New Product Team Performance ». *Organization Science*, vol. 3, no 3, p. 321-341.
- Argyris, Chris et D. A. Schön. 1978. *Organizational Learning: A Theory of Action Perspective*. Addison-Wesley Reading, MA.
- Artus, Patrick. 2000. « Nouvelle économie, nouveaux problèmes ». Dans *Espérances et menaces de la nouvelle économie, Le cercle des économistes.*, p. 478. Paris : Descartes & Cie.
- Ashford, Nicholas. 1993. « Understanding Technological Responses of Industrial Firms to Environmental Problems: Implications for Government Policy ». Dans *Environmental Strategies for Industry*, sous la dir. de K Fisher et J Schot, p. 277-307. Island Press.
- ATAG. 2008. *The economic and social benefits of air transport*.
 ———. 2012. « Towards sustainable aviation ».
- Atmosfair. 2012. *Atmosfair Airline Index*. En ligne. <[https://www.atmosfair.de/en/news-auf-der-startseite/news-single/?tx_ttnews\[tt_news\]=229&cHash=cce329434054bb4040a59514f4f8ed16](https://www.atmosfair.de/en/news-auf-der-startseite/news-single/?tx_ttnews[tt_news]=229&cHash=cce329434054bb4040a59514f4f8ed16)>. Consulté le 7 décembre 2012.
- Aubert, Nicole. 2003. *Le culte de l'urgence. La société malade du temps*. Paris : Flammarion.
- Authier, Michel. 1998. *Pays de connaissances*. Paris : Editions du Rocher.
- Axelrod, Robert M. 1984. *The Evolution of Cooperation*. Basic Books.
- Azaïs, Christian, Antonella Corsani et Patrick Dieuaide. 2001. *Vers un capitalisme cognitif: entre mutations du travail et territoires*. L'Harmattan.
- Babbage, Charles. 1833. *Traité sur l'économie des machines et des manufactures*. Louis Hauman et Comp., éditeurs.
- Baddache, Farid. 2006. *Le développement durable au quotidien*. Paris : Eyrolles.
- Balmisse, Gilles. 2005. *Guide des outils du knowledge management panorama, choix et mise en œuvre*. Entreprendre informatique.
- Barley, Stephen R. 1986. « Technology as an Occasion for Structuring: Evidence from Observations of CT Scanners and the Social Order of Radiology Departments ». *Administrative Science Quarterly*, vol. 31, no 1, p. 78-108.
- Barney, Jay B. 1986. « Strategic Factor Markets: Expectations, Luck, and Business Strategy ». *Management Science*, vol. 32, no 10, p. 1231-1241.
- Barré, Rémi, Bastiaan de Laat et Jacques Theys. 2007. *Management de la recherche : Enjeux et perspectives*. De Boeck.
- Barreau, Hervé. 1992. *L'épistémologie*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Batagelj, Vladimir et Andrej Mrvar. 1998. « Pajek-Program for Large Network Analysis ». *Connections*, vol. 21, no 2, p. 47-57.

- Bateson, Gregory. 1995. *Vers une écologie d'esprit, tome 1*. Seuil.
- Beck, Nuala. 1994. *La nouvelle économie*. Montréal : Transcontinentales.
- Beck, Ulrich. 2001. *La société du risque*. Paris : Aubier.
- Beckman, Christine M et Pamela R Haunschild. 2002. « Network Learning: The Effects of Partners' Heterogeneity of Experience on Corporate Acquisitions ». *Administrative Science Quarterly*, vol. 47, no 1, p. 92-124.
- Bédard, Michel G., Mehran Ebrahimi et Anne-Laure Saives. 2011. *Management à l'ère de la société du savoir*. Montréal : Cheneliere.
- Beeby, Mick et Charles Booth. 2000. « Networks and inter-organizational learning: a critical review ». *The Learning Organization*, vol. 7, no 2, p. 75 88.
- Beesley, Lisa. 2004. « Multi-level complexity in the management of knowledge networks ». *Journal of Knowledge Management*, vol. 8, no 3, p. 71-100.
- Beitone, Alain, Christine Dollo et Jean-Pierre Guidoni. 2001. *Dictionnaire des sciences économiques, 3e édition*. 3e éd. Armand Colin.
- Bell, Geoffrey G. et Akbar Zaheer. 2007. « Geography, Networks, and Knowledge Flow ». *Organization Science*, vol. 18, no 6, p. 955.
- Ben Hassen, Tarek, Juan-Luis Klein et Diane-Gabrielle Tremblay. 2011. « Building local nodes in a global sector: Clustering within the aeronautics industry in Montreal ». *The Canadian Geographer/Le géographe canadien*, vol. 55, no 4, p. 439 456.
- Ben Hassen, Tarek. 2012. « Le système régional d'innovation de l'aéronautique à Montréal. Entre dynamiques territoriales et sectorielles ». Thèse de doctorat, Montréal, Québec : Université du Québec à Montréal. En ligne.
<<http://www.archipel.uqam.ca/4684/1/D2314.pdf>>.
- Benjamin, Raymond. 2010. « L'OACI à Montréal: un carrefour mondial de l'aviation, de l'économie et de l'environnement ». (CORIM, Montréal, février 2010).
- Benson, J. Kenneth. 1975. « The Interorganizational Network as a Political Economy ». *Administrative Science Quarterly*, vol. 20, no 2, p. 229 249.
- Berger, Peter et Thomas Luckmann. 2012. *La construction sociale de la réalité*. Armand Colin.
- Berry, Michel. 1983. *Une technologie invisible - L'impact des instruments de gestion sur l'évolution des systèmes humains*.
- Bezbakh, Pierre et Sophie Gherardi. 2000. *Dictionnaire de l'économie de A à Z*. Larousse.
- Bidault, F. 1998. « Comprendre la confiance: la nécessité d'une nouvelle problématique ». *Economies et Sociétés*, vol. 8, no 9, p. 33-46.
- Blaug, Mark. 1999. « The formalist revolution of what happened to orthodox economics after World War II? » Dans *From classical economics to the theory of the firm: essays in honour of DP O'Brien*, Aldershot: Edward Elgar, p. 257-280. Cheltenham and Northampton. R. E. Backhouse & J. Creddy.
- Blondeau, Olivier. 2000. « Genèse et subversion du capitalisme informationnel ». Dans *Libres enfants du savoir numérique: Une anthologie du Libre*, sous la dir. de Olivier Blondeau et Florent Latrive. Perreux, France : éditions de l'éclat.
- Blum, Guillaume et Mehran Ebrahimi. 2007. « Impact d'une culture libre sur les modes d'organisation dans une communauté virtuelle : une étude ethnographique de la

- communauté du logiciel libre Ubuntu ». Dans *Actes du colloque « Les sciences de la gestion et la question de la liberté »*, p. 220-237. Montréal.
- Boeing. 2010. « Boeing deliveries until January 31 ». En ligne.
<<http://active.boeing.com/commercial/orders/index.cfm?content=displaystandardreport.cfm&optReportType=CurYrDelv>>.
- Boiral, Olivier et Mehran Ebrahimi. à paraître. *L'intégration du développement durable dans le transport aérien et la gestion des aéroports au Québec*. Québec : Ministère des transports du Québec.
- Boltanski, Luc et Eve Chiapello. 1999. *Le nouvel esprit de capitalisme*. Paris : Gallimard.
- XYZ Aircraft. 2012. « XYZ Aircraft C Series ». En ligne.
<<http://cseries.com/fr/#/cseries/environnement/>>. Consulté le 17 janvier 2013.
- Borgatti, Stephen P., Martin G. Everett et Linton C. Freeman. 2002. « Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis ». *Harvard: Analytic Technologies*.
- Bourcier, Danièle et Pek Van Andel. 2011. *La Sérendipité: Le hasard heureux*. Paris: Hermann Éditeurs.
- Bourdieu, Pierre. 2000. *Les structures sociales de l'économie*. Seuil.
- Bréchet, JP et A. Desreumaux. 2005. « Le projet au fondement de l'action collective ». *Sociologies pratiques*, no 10, p. 123-136.
- Brette, Olivier. 2003. « L'accumulation des connaissances technologiques dans la pensée de Thorstein Veblen: ressources pour l'analyse évolutionniste contemporaine ». *Economie appliquée*, vol. 56, no 4, p. 7-38.
- Brezet, Han, Carolien Van Hemel, Harriët Böttcher, Robin Clarke, United Nations Environment Programme Industry and Environment (Paris), Rathenau Instituut (#The# Hague) et Delft University of Technology (Delft). 1997. *Ecodesign: a promising approach to sustainable production and consumption*. UNEP.
- Brown, John Seely et Paul Duguid. 1991. « Organizational Learning and Communities-of-Practice: Toward a Unified View of Working, Learning, and Innovation ». *Organization Science*, vol. 2, no 1, p. 40-57.
- Brundtland, G. H. 1987. « World Commission on Environment and Development ». *Our common future*, p. 8-9.
- Bruno, Alain et Christian Elleboode. 2010. *Dictionnaire d'économie & sciences sociales*. 2e édition revue et augmentée. Ellipses Marketing.
- Burt, Ronald S. 1992. *Structural Holes: The Social Structure of Competition*. Harvard University Press.
- . 2004. « Structural Holes and Good Ideas ». *American Journal of Sociology*, vol. 110, no 2, p. 349-99.
- Callon, Michel. 1998. « Économies et inventions techniques ». Dans R. Guesnerie et F. Hartog, *Des sciences et des techniques: un débat*, ehess, p. 329.
- Calvez, Jean-Yves. 1956. *La pensée de Karl Marx*. Éditions du Seuil.
- Campbell, Donald T. 1960. « Blind variation and selective retention in scientific discovery ». *Psychological Review*, vol. 67, no 6, p. 380-400.
- Carlile, Paul R. 2002. « A Pragmatic View of Knowledge and Boundaries: Boundary Objects in New Product Development ». *Organization Science*, vol. 13, no 4, p. 442-455.

- Carlsson, Sven A. 2003. « Knowledge managing and knowledge management systems in inter-organizational networks ». *Knowledge and Process Management*, vol. 10, no 3, p. 194-206.
- Carr, Nicholas. 2009. « Est-ce que Google nous rend idiot ? » En ligne. <<http://www.internetactu.net/2009/01/23/nicolas-carr-est-ce-que-google-nous-rend-idiot/>>. Consulté le 3 septembre 2009.
- . 2011. *Internet rend-il bête ? : Réapprendre à lire et à penser dans un monde fragmenté*. Robert Laffont.
- Carrincazeaux, Christophe. 2001. « Une évaluation du rôle de la proximité dans la coordination des activités de R&D des firmes ». *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, no 2001-1, p. 53-73.
- Carrincazeaux, Christophe, Marie Coris et Yannick Lung. 2008. « Les configurations spatiales de l'innovation ». *Hermès*, p. 29-37.
- Carrincazeaux, Christophe et Yannick Lung. 1998. « La proximité dans l'organisation de la conception des produits de l'automobile ». Dans *Approches multiformes de la proximité*, sous la dir. de M. Bellet, T. Kirat, et C. LARGERON, p. 241-265. Hermès. *Approches multiformes de la proximité*.
- Castells, Manuel. 1998. *La société en réseaux*. Paris : Fayard.
- Cato, Molly Scott. 2012. « Green economics: putting the planet and politics back into economics ». *Cambridge journal of economics*, vol. 36, no 5, p. 1033-1049.
- Chang, Myong-Hun et Joseph E. Harrington Jr. 2007. « Innovators, Imitators, and the Evolving Architecture of Problem-Solving Networks ». *Organization Science*, vol. 18, no 4, p. 648.
- Chanlat, Jean-François. 1990. *L'individu dans l'organisation: les dimensions oubliées*. Les Presses de l'Univ. Laval; Ed. ESKA.
- Charter, Martin et Anne Chick. 1997. « Welcome to the first issue of The Journal of Sustainable Product Design ». *The Journal of Sustainable Product Design*, no 1.
- Chauvet, Vincent. 2003. « Construction d'une échelle de mesure de la capacité d'absorption ». Dans *XIIème Conférence de l'Association Internationale de Management Stratégique*. Les Côtes de Carthage, Sfax (Tunisie). En ligne. <<http://www.strategie-aims.com/events/conferences/11/communications/812/download>>.
- Chesbrough, Henry W. 2003. *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Harvard business school press.
- Christensen, Clayton M. 1997. *The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail*. Harvard Business Press.
- Clark, Kim B. et Takahiro Fujimoto. 1991. *Product development performance*. Harvard Business School Press Boston, Mass.
- CNLA. 2011. *Feuille de route du CNLA: Améliorer l'efficacité de l'aviation et réduire les émissions*. Conseil national des lignes aériennes du Canada. En ligne. <http://www.conseilaerien.ca/pdf/NACC_FuelEfficiency_Final_Fr.pdf>. Consulté le 12 décembre 2012.
- CNRC. 2013. « L'analyse du biocarburant testé en vol par le CNRC révèle une diminution des émissions - Conseil national de recherches Canada ». En ligne.

- <<https://www.nrc-cnrc.gc.ca/fra/actualites/communiqués/2013/biocarburants.html>>. Consulté le 11 février 2013.
- Coghlan, David. 1997. « Organizational learning as a dynamic inter-level process ». *Current Topics in Management*, vol. 2, p. 27-44.
- Cohen, Wesley M. et Daniel A. Levinthal. 1990. « Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation ». *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, no 1.
- Cohendet, Patrick, Frédéric Créplet et Olivier Dupouët. 2006. *La gestion des connaissances: firmes et communautés de savoir*. Paris : Economica.
- Cohendet, Patrick et Morad Diani. 2003. « L'organisation comme une communauté de communautés: croyances collectives et culture d'entreprise ». *Revue d'Economie Politique*, vol. 113, no 5, p. 697-721.
- Collins, Harry. 2010. *Tacit & Explicit knowledge*. Chicago and London : The University of Chicago Press.
- Combes, Maxime. 2010. « Réflexions sur le "capitalisme vert" ». *Mouvements*, vol. 63, no 3, p. 99.
- Composite. 2012. « Matériaux Composites en Aéronautique ». En ligne. <<http://www.composite.free.fr/materiaucomposite.html>>. Consulté le 10 février 2013.
- Cooke, Philip. 2001. « Regional Innovation Systems, Clusters, and the Knowledge Economy ». *Industrial and Corporate Change*, vol. 10, no 4, p. 945-974.
- Corbel, Pascal. 2009. *Technologie, innovation, stratégie*. Paris : Eyrolles.
- CORIM. 2011. « Avion vert ». En ligne. <<http://www.corim.qc.ca/fcuei/popup.php?type=avion>>. Consulté le 25 octobre 2013.
- Cowan, Robin, Paul A. David et Dominique Foray. 2000. « The explicit economics of knowledge codification and tacitness ». *Industrial and Corporate Change*, vol. 9, no 2, p. 211-253.
- Cowan, Robin, Nicolas Jonard et Jean - Benoît Zimmermann. 2007. « Bilateral Collaboration and the Emergence of Innovation Networks ». *Management Science*, vol. 53, no 7, p. 1051-1067.
- Créplet, Frédéric. 1999. « Le concept de «ba»: une nouvelle voie dans l'étude du management de la connaissance dans les entreprises... » Working paper. BETA – Université Louis Pasteur, Strasbourg. En ligne. <<http://www.beta-umr7522.fr/productions/publications/1999/9920.pdf>>.
- Cricelli, Livio et Michele Grimaldi. 2010. « Knowledge-based inter-organizational collaborations ». *Journal of Knowledge Management*, vol. 14, no 3, p. 348-358.
- Cross, Rob, Andrew Parker, Laurence Prusak et Stephen P. Borgatti. 2001. « Knowing what we know: Supporting knowledge creation and sharing in social networks ». *Organizational Dynamics*, vol. 30, no 2, p. 100-120.
- Cyert, Richard M. et James G. March. 1963. *A Behavioral Theory of the Firm*. Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall.
- Daidj, Nabyla, E. Gardet et Caroline Mothe. 2006. « Le Keiretsu de production: un réseau interentreprises en mutation? Le cas de l'automobile ». Dans *XVème Conférence Internationale de Management Stratégique*.

- Dangelico, Rosa Maria, Achille Claudio Garavelli et Antonio Messeni Petruzzelli. 2010. « A system dynamics model to analyze technology districts' evolution in a knowledge-based perspective ». *Technovation*, vol. 30, no 2, p. 142-153.
- David, Paul A. 1985. « Clio and the Economics of QWERTY ». *The American economic review*, vol. 75, no 2, p. 332-337.
- Debref, Romain. 2012. « Innovation environnementale vs Éco-conception ». Dans *Agro-ressources et écosystèmes: Enjeux sociétaux et pratiques managériales*, sous la dir. de Bernard Christophe et Roland Pérez. Presses Univ. Septentrion.
- Dejours, Christophe. 2009. *Travail vivant : Tome 2, Travail et émancipation*. Payot.
- Deniaud, Ioana, Christophe Lerch et Emmanuel Caillaud. 2012. « Stratégies d'éco-conception: du produit vers le service ». Dans *9th International Conference on Modeling, Optimization & SIMulation*. Bordeaux, France.
- Déry, Richard. 1990. « De l'information à l'argumentation. » Dans *L'individu dans l'organisation: les dimensions oubliées*, sous la dir. de Jean-François Chanlat. Les Presses de l'Univ. Laval; Ed. ESKA.
- . 2007. « Le management : de la tradition à l'hypermodernité ». *Revue Gestion*, vol. 32, no 3, p. 76-87.
- . 2009. *Le management*. Montréal : Éditions JFD.
- DGCIS. 2011. *Technologies clés 2015. 85 technologies clés dans sept secteurs économiques - Direction générale de la compétitivité, de l'industrie et des services*. France. En ligne. <<http://www.industrie.gouv.fr/tc2015/>>.
- Didier, Michel. 2000. « Nouvelles économies, d'hier et d'aujourd'hui ». Dans *Espérances et menaces de la nouvelle économie, Le cercle des économistes.*, p. 478. Paris : Descartes & Cie.
- Dilworth, Craig. 1994. « Two perspectives on sustainable development ». *Population & Environment*, vol. 15, no 6, p. 441-467.
- Dodgson, Mark. 1993. « Organizational Learning: A Review of Some Literatures ». *Organization Studies*, vol. 14, no 3, p. 375.
- Dosi, Giovanni. 1982. « Technological paradigms and technological trajectories ». *Research Policy*, vol. 11, no 3, p. 147-162.
- Dow, Sheila C. 2000. « Prospects for the Progress of Heterodox Economics ». *Journal of the History of Economic Thought*, vol. 22, no 2, p. 157-170.
- Doz, Yves et Gary Hamel. 2000. *L'avantage des alliances*. Paris : Dunod.
- Drake, Aaron. 2012. « NASA Environmentally Responsible Aviation (ERA) N+2 Advanced Vehicle Study ». Communication. *AIAA Aerospace Sciences Meeting* (Nashville, Tennessee, 2012).
- Duhamel, Alain. 2011. « L'avion vert est en chantier », 11 juin 2011. En ligne. <<http://www.lesaffaires.com/archives/generale/l-avion-vert-est-en-chantier/531823#.Umr7YSSPvaM>>. Consulté le 25 octobre 2013.
- Durand, Thomas. 2006. « L'alchimie de la compétence ». *Revue française de gestion*, vol. 32, p. 261-292.
- . 2013. « Une critique de l'article Ressources stratégiques, ressources ordinaires et ressources négatives ». *Revue française de gestion*, vol. 234, no 5, p. 64-73.
- Durkheim, Emile. 1889. « Communauté et société selon Tönnies », no 27, p. 416-422.

- Duval, Guillaume. 2004. « Décroissance ou développement durable ? » *Alternatives économiques*, 2004. En ligne. <http://www.alternatives-economiques.fr/dcroissance-ou-developpement-durable-_fr_art_47_4909.html>. Consulté le 1 décembre 2012.
- EADS. 2006. « EADS Rapport Annuel et Document de Registration 2006 - Aviation civile ». En ligne. <<http://2006.reports.eads.net/2006/fr/book1/5/1/1.html>>. Consulté le 7 décembre 2012.
- Ebrahimi, Mehran. 2002. « Management et gouvernance dans le secteur de la nouvelle économie : le cas d'une importante entreprise canadienne de télécommunications ». Montréal, Québec : Université de Montréal. En ligne. <<http://biblos.hec.ca/biblio/theses/2002NO14.PDF>>.
- Ebrahimi, Mehran, Gilles Caporossi, W. David Holford, Anne-Laure Saives, Guillaume Blum, Franck Belot, Fatimah Er-Rafia et Caroline Bouchard. 2008. *Actors and knowledge map approach to evaluate the Quebec aerospace cluster innovation capacity*. Rapport de recherche commandé par Aéro Montréal.
- Ebrahimi, Mehran et Anne-Laure Saives. 2006. « Le management de l'innovation et des connaissances : de l'ère industrielle à celle du savoir et de l'intangible ». Dans *Le management entre tradition et renouvellement*, sous la dir. de Omar Aktouf. 4ème édition. Gaetan Morin.
- Eisenhardt, Kathleen M. 1989. « Making Fast Strategic Decisions in High-Velocity Environments ». *The Academy of Management Journal*, vol. 32, no 3, p. 543-576.
- Eisenhardt, Kathleen M. et Filipe M. Santos. 2002. « Knowledge-Based View. A New Theory of Strategy ». *Handbook of Strategy and Management*.
- Ellul, Jacques. 1990. *La technique, ou, L'enjeu du siècle*. Paris : Economica.
- Enriquez, Eugène. 1992. *L'organisation en analyse*. Presses universitaires de France.
- . 1999. « Le groupe: lieu de l'oscillation entre repli identitaire et travail de l'interrogation ». *Revue française de psychanalyse*, no 4, p. 801-814.
- ETAP. 2004. « À propos d'ETAP - Plan d'action en faveur de l'éco-innovation ». En ligne. <http://ec.europa.eu/environment/ecoap/about-action-plan/etap-previous-action-plan/index_fr.htm>. Consulté le 6 avril 2013.
- Etzkowitz, Henry et Loet Leydesdorff. 2000. « The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations ». *Research Policy*, vol. 29, no 2, p. 109-123.
- Evans-Pritchard. 1964. *Systèmes politiques africains*. 1ère édition. Paris : PUF.
- Faucher, Philippe, Kevin Fitzgibbons et Olga Bosak. 1999. *Grands projets et innovations technologiques au Canada*. Montréal, Québec : Presses de l'Université de Montréal.
- Ferrary, Michel et Yvon Pesqueux. 2004. *L'organisation en réseau, mythes et réalités*. Paris : PUF.
- . 2006. *Management de la connaissance: knowledge management, apprentissage organisationnel et société de la connaissance*. Economica.
- Finley, Marcus. 2008. « Composites make for greener aircraft engines ». *Reinforced Plastics*, 2008. En ligne. <<http://www.reinforcedplastics.com/view/3388/composites-make-for-greener-aircraft-engines/>>.
- Fliaster, Alexander et Josef Spiess. 2008. « Knowledge Mobilization through Social Ties: The Cost-Benefit Analysis ». *Schmalenbach Business Review*, no 60, p. 99-117.

- Florichel, Serghei, Deborah Dougherty, Roger Miller et Mihai Ibanescu. 2008. « Network structures and the reproduction of resources for sustainable innovation ». *International Journal of Technology Management*, vol. 41, no 3, p. 379-406.
- Florichel, Serghei et Roger Miller. 2003. « An exploratory comparison of the management of innovation in the New and Old economies ». *R and D Management*, vol. 33, no 5, p. 501-525.
- Foray, Dominique. 2009. *L'économie de la connaissance*. 2^{de} édition. Paris : La Découverte.
- Forgues, Bernard, Marc Fréchet et Emmanuel Josserand. 2006. « Relations interorganisationnelles ». *Revue française de gestion*, vol. 164, no 2006/5, p. 17-31.
- Foucault, Michel. 1975. *Surveiller et punir*. Paris : Gallimard.
- Fussler, Claude et Peter James. 1996. *Driving eco-innovation: A breakthrough discipline for innovation and sustainability*. Pitman London.
- Gadrey, Jean. 2000. *Nouvelle économie, nouveau mythe?* Flammarion.
- Galland, Yves. 2008. *Révolution aéronautique, le défi de l'environnement*. Paris : Village Mondial.
- Galaskiewicz, Joseph. 1985. « Interorganizational Relations ». *Annual Review of Sociology*, vol. 11, no 1, p. 281-304.
- Galbraith, John Kenneth. 1968. *Le nouvel État industriel: essai sur le système économique américain*. Paris : Gallimard.
- Garel, Gilles. 2003a. « Pour une histoire de la gestion de projet ». *Gérer et Comprendre*, vol. 74, no 1, p. 77-89.
- . 2003b. *Le management de projet*. La Découverte.
- Garrette, Bernard, Xavier Castañer et Pierre Dussauge. 2009. « Research notes and commentaries horizontal alliances as an alternative to autonomous production: Product expansion mode choice in the worldwide aircraft industry 1945-2000 ». *Strategic Management Journal*, vol. 30, no 8, p. 885-894.
- Garric, Audrey. 2012. « Où en est-on des biocarburants de 2^e et 3^e générations ? » *Le Monde*, 19 octobre 2012.
- Garud, Raghu. 1997. « On the distinction between know-how, know-why and know-what ». *Advances in Strategic Management*, vol. 14, p. 81-101.
- Garud, Raghu et Arun Kumaraswamy. 1993. « Changing Competitive Dynamics in Network Industries: An Exploration of Sun Microsystems' Open Systems Strategy ». *Strategic Management Journal*, vol. 14, no 5, p. 351-369.
- De Gaulejac, Vincent. 2005. *La société malade de la gestion*. Paris : Seuil.
- Geertz, Clifford. 1998. « La description dense: Vers une théorie interprétative de la culture », no 6, p. 73-105.
- Georgescu-Roegen, Nicholas. 1995. *La décroissance: Entropie-Ecologie-Economie*. Paris : Sang de la Terre.
- Giddens, Anthony. 1994. *Les Conséquences de la modernité*. Paris : L'Harmattan.
- Gille, Bertrand. 1978. *Histoire des techniques*. Paris : Gallimard.
- Glaser, Barney G. et Anselm L. Strauss. 1967. *Discovery of Grounded Theory: strategies for qualitative research*. Aldine.

- Gneezy, Uri et Aldo Rustichini. 2000. « Pay enough or don't pay at all ». *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 115, no 3, p. 791-810.
- Godart, Didier-François. 2012. « Le défi industriel de l'avion électrique ». *ParisTech Review*. En ligne. <<http://www.paristechreview.com/2012/08/24/avion-electrique/>>.
- Godbout, Jacques T. 1998. « Homo donator versus homo oeconomicus ». *MAUSS*, no 12, p. 261-282.
- Godbout, Jacques T. et Alain Caillé. 1992. *L'esprit du don*. Editions La Découverte.
- Goffman, Erving. 1973. « La Mise en scène de la vie quotidienne. Tome 2: les relations en public ». Paris, *Les Editions de Minuit*.
- Granovetter, Mark. 1973. « The strength of weak ties ». *American Journal of Sociology*, vol. 78, no 6, p. 1360-1380.
- . 1983. « The Strength of Weak Ties: A Network Theory Revisited ». *Sociological Theory*, vol. 1, p. 201-233.
- . 2000. *Le marché autrement: les réseaux dans l'économie*. Desclée de Brouwer.
- Guerrien, Bernard. 1997. *Dictionnaire d'analyse économique: microéconomie, macroéconomie, théorie des jeux, etc.* Paris : La Découverte.
- Gulati, Ranjay. 1995. « Does Familiarity Breed Trust? The Implications of Repeated Ties for Contractual Choice in Alliances ». *The Academy of Management Journal*, vol. 38, no 1, p. 85-112.
- . 1998. « Alliances and networks ». *Strategic Management Journal*, vol. 19, no 4, p. 293-317.
- Gurria, Angel. 2012. « Avant-Propos ». Dans *Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050*, sous la dir. de OCDE. Paris : Organisation for Economic Cooperation and Development. En ligne. <http://www.oecd-ilibrary.org/content/book/env_outlook-2012-fr>. Consulté le 26 avril 2013.
- Gusdorf, Georges. 1960. *La parole*. Paris : PUF.
- . 1966. *De l'histoire des sciences à l'histoire de la pensée - Les sciences humaines et la pensée occidentale*. Vol. 7. Paris : Payot.
- Haas, Martine R. et Morten T. Hansen. 2007. « Different knowledge, different benefits: Toward a productivity perspective on knowledge sharing in organizations ». *Strategic Management Journal*, vol. 28, no 11, p. 1133.
- Hagedoorn, John. 2002. « Inter-firm R&D partnerships: An overview of major trends and patterns since 1960 ». *Research Policy*, vol. 31, no 4, p. 477-492.
- Hamel, Gary et C. K. Prahalad. 1994. *Competing for the Future*. Harvard Business School Pr.
- Hammersley, Martyn et Roger Gomm. 2000. « Introduction ». Dans *Case study method: Key texts, key issues*, sous la dir. de Roger Gomm, Martyn Hammersley, et Peter Foster, p. 1-16. Sage Publications. London : Sage.
- Hansen, Morten T. 1999. « The Search-Transfer Problem: The Role of Weak Ties in Sharing Knowledge across Organization Subunits ». *Administrative Science Quarterly*, vol. 44, no 1, p. 82-85.
- . 2002. « Knowledge Networks: Explaining Effective Knowledge Sharing in Multiunit Companies ». *Organization Science*, vol. 13, no 3, p. 232-248.
- Hargadon, Andrew B. et Robert I. Sutton. 1997. « Technology Brokering and Innovation in a Product Development Firm ». *Administrative Science Quarterly*, vol. 42, no 4.

- Hartog, François. 2003. *Régimes d'historicité : Présentisme et expériences du temps*. Vol. 5. Seuil Paris.
- Hatchuel, Armand. 1999. « Connaissances, modèles d'interaction et rationalisations - De la théorie de l'entreprise à l'économie de la connaissance ». *Revue d'économie industrielle*, vol. 88, no 1, p. 187-209.
- Hatzichronoglou, Thomas. 1997. « Révision des classifications des secteurs et des produits de haute technologie ». *OCDE, document de travail DSTI*, vol. 2, p. 1997.
- Henderson, Rebecca M. et Kim B. Clark. 1990. « Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms ». *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, no 1.
- Héraud, Béatrice. 2013. « Les algocarburants sont-ils les biocarburants de demain ? » *Novethic*, 2013. En ligne.
<http://www.novethic.fr/novethic/rse_responsabilite_sociale_des_entreprises,environment,les_algocarburants_sont_ils_biocarburants_demain,139043.jsp?utm_source=newsletter&utm_medium=Email&utm_content=novethicInfo&newsletter=ok>.
- Herrera, Remy et Carlos Vercellone. 2002. « Transformations de la division du travail et endogénéisations du progrès technique: une lecture marxiste ». *Economie appliquée*, vol. 55, no 1, p. 63-78.
- Hetman, François. 1970. « Le progrès technique, une illusion comptable ». *Analyse et prévision*, no mars, p. 155-175.
- Von Hippel, Eric. 2007. « Horizontal innovation networks--by and for users ». *Industrial and Corporate Change*, vol. 16, no 2, p. 293.
- Hirsch, P. M. 1986. « From ambushes to golden parachutes: Corporate takeovers as an instance of cultural framing and institutional integration ». *American journal of Sociology*, vol. 91, no 4, p. 800-837.
- Hirschman, Albert. 1977. *Les passions et les intérêts*. Paris : PUF.
- Holford, W. David et Mehran Ebrahimi. 2007. « The case of Honda: A dialectical yet coherent firm ». Dans *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*. Vol. 40. Hawaii : IEEE.
- Holford, W. David, Mehran Ebrahimi, Omar Aktouf et Laurent Simon. 2008. « Viewing Boundary "Objects" as Boundary Constructions ». *Hawaii International Conference on System Sciences, Proceedings of the 41st Annual*, p. 339-339.
- Husserl, Edmund. 1963. *Idées directrices pour une phénoménologie*. Vol. 1. Gallimard.
- IATA. 2009. *A global approach to reducing aviation emissions*.
- Ichijo, Kazuo et Ikujiro Nonaka. 2007. *Knowledge Creation and Management: New Challenges for Managers*. Oxford University Press. Oxford.
- Imai, K., Ikujiro Nonaka et Hirotaka Takeuchi. 1985. « Managing the New Product Development Process: How Japanese Companies Learn and Unlearn ». *The Uneasy Alliance: Managing the Productivity-Technology Dilemma*, p. 337-375.
- Ingham, Marc. 1994. « L'apprentissage organisationnel dans les coopérations ». *Revue Française de Gestion*, no janvier-février, p. 105-121.
- Ingham, Marc et Caroline Mothe. 2003. « Confiance et apprentissages au sein d'une alliance technologique ». *Revue française de gestion*, no 2, p. 111-128.
- Institut de la statistique du Québec. 2007. *Compendium d'indicateurs de l'activité scientifique et technologique au Québec. L'internationalisation de la science et de la*

- technologie. En ligne.
 <<http://www.stat.gouv.qc.ca/publications/savoir/compendium.htm>>.
- . 2009. *Compendium d'indicateurs de l'activité scientifique et technologique au Québec. Quels seront les indicateurs de la science, de la technologie et de l'innovation du XXIe siècle?* En ligne.
 <<http://www.stat.gouv.qc.ca/publications/savoir/compendium.htm>>.
- . 2010. *Les mesures d'aide fiscale à la R-D et l'innovation des entreprises au Québec.* Québec : Institut de la statistique du Québec. En ligne.
 <http://www.stat.gouv.qc.ca/publications/savoir/aide_fiscale.htm>.
- d'Iribarne, Philippe. 1993. *La logique de l'honneur. Gestion des entreprises et traditions nationales.* Seuil. Paris.
- Jacquet, Pierre. 2000. « Nouvelle économie et gouvernance de la mondialisation ». Dans *Espérances et menaces de la nouvelle économie, Le cercle des économistes.*, p. 478. Paris : Descartes & Cie.
- Jarillo, J. Carlos et Howard H. Stevenson. 1991. « Co-operative strategies: the payoffs and the pitfalls ». *Long Range Planning*, vol. 24, no 1, p. 64-70.
- Kanelopoulos, Charles. 1994. « Babbage: entre la technologie et l'économie ». *Economies et sociétés*, vol. 28, no 4, p. 5-68.
- Katz, Michael L. et Carl Shapiro. 1985. « Network Externalities, Competition, and Compatibility ». *The American Economic Review*, vol. 75, no 3, p. 424-440.
- Kempf, Hervé. 2011. *Pour sauver la planète, sortez du capitalisme.* Points.
- . 2013. *Fin de l'Occident, naissance du monde.* Seuil.
- Kessous, Emmanuel, Kevin Mellet et Moustafa Zouinar. 2010. « L'économie de l'attention: entre protection des ressources cognitives et extraction de la valeur ». *Sociologie du travail*, vol. 52, no 3, p. 359-373.
- Kirman, Alan. 1997. « The economy as an evolving network ». *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 7, no 4, p. 339-353.
- Kline, S. J. et N. Rosenberg. 1986. « An overview of innovation ». *The positive sum strategy: Harnessing technology for economic growth*, p. 275-305.
- Knight, Paul et James O. Jenkins. 2009. « Adopting and applying eco-design techniques: a practitioners perspective ». *Journal of Cleaner Production*, vol. 17, no 5, p. 549-558.
- Kogut, Bruce. 1988. « Joint ventures: Theoretical and empirical perspectives ». *Strategic Management Journal*, vol. 4, no 9, p. 319-332.
- . 2000. « The Network as Knowledge: Generative Rules and the Emergence of Structure ». *Strategic Management Journal*, vol. 21, no 3, p. 405-425.
- Kogut, Bruce et Udo Zander. 1996. « What Firms Do? Coordination, Identity, and Learning ». *Organization Science*, vol. 7, no 5, p. 502-518.
- Von Krogh, Georg, Ikujiro Nonaka et Kazuo Ichijo. 2000. *Enabling Knowledge Creation: New Tools for Unlocking the Mysteries of Tacit Understanding.* Oxford University Press.
- Von Krogh, Georg, Ikujiro Nonaka et L. Rechsteiner. 2012. « Leadership in Organizational Knowledge Creation: A Review and Framework ». *Journal of Management Studies*.
- Latour, Bruno. 1997. *Nous n'avons jamais été modernes. Essai d'anthropologie symétrique.* Paris : La découverte.

- . 2004. « Comment finir une thèse de sociologie ». *Revue du MAUSS*, vol. 24, no 2004/2, p. 154-172.
- . 2012. *Enquêtes sur les modes d'existence : Une anthropologie des Modernes*. Editions La Découverte.
- Lave, Jean et Etienne Wenger. 1991. *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge University Press.
- Lawrence, Philip et Derek Braddon. 2001. *Aerospace Strategic Trade: How the U.S. Subsidizes the American Large Commercial Aircraft Industry*. Ashgate.
- Lazega, Emmanuel. 1994. « Analyse de réseaux et sociologie des organisations ». *Revue Française de Sociologie*, vol. 35, no 2, p. 293-320.
- Leonard-Barton, Dorothy. 1992. « Core Capabilities and Core Rigidities: A Paradox in Managing New Product Development ». *Strategic Management Journal*, vol. 13, p. 111-125.
- Levi-Strauss, Claude. 1974. *Anthropologie structurale*. 2e édition. Paris : Plon.
- Leydesdorff, Loet et Henry Etzkowitz. 1998. « The Triple Helix as a model for innovation studies ». *Science and Public Policy*, vol. 25, no 3, p. 195-203.
- Liker, J. K. 2007. *Le modèle Toyota: 14 principes qui feront la réussite de votre entreprise*. France : Village mondial.
- Lincoln, Yvonna S. et Egon G. Guba. 1979. « The only generalization is: There is no generalization ». *Case Study Method*. London: SAGE Publications, p. 27-44.
- . 1985. *Naturalistic inquiry*. Sage Publications Beverly Hills, Calif.
- Lipovetsky, Gilles et Sébastien Charles. 2004. *Les temps hypermodernes*. Paris : Grasset.
- Lundberg, Craig C. 1995. « Learning in and by organizations: Three conceptual issues ». *International Journal of Organizational Analysis*, vol. 3, no 1, p. 10-23.
- Lynn, Leonard H., N. Mohan Reddy et John D. Aram. 1996. « Linking technology and institutions: the innovation community framework ». *Research Policy*, vol. 25, no 1, p. 91-106.
- M'Rabety, Otman et Institut de la statistique du Québec. 2008. *Méthode de qualification des grappes industrielles québécoises*. Québec : Institut de la statistique du Québec.
- Machlup, Fritz. 1962. *The production and distribution of knowledge in the United States*. Vol. 278. Princeton university press.
- MacLean, Paul D. 1990. *Les trois cerveaux de l'homme*. Robert Laffont.
- Maier, R., T. Hädrich et R. Peinl. 2005. *Enterprise knowledge infrastructures*. Springer-Verlag New York, Inc. Secaucus, NJ, USA.
- Mailhot, Chantale, Stéphane Éthier, Laurent Simon et Jean-Michel Viola. 2007. « Le dilemme technologie-individus dans l'implantation de la gestion des connaissances : le cas du Groupe Cossette Communication ». *Revue Gestion*, vol. 2, no 32, p. 43-50.
- Mandel, Michael J. 1996. « The triumph of the New Economy ». *Business Week*, vol. 30.
- Mankins, John C. 1995. *Technology readiness levels. A White Paper*. NASA.
- March, James G. 1991. « Exploration and Exploitation in Organizational Learning ». *Organization Science*, vol. 2, no 1, p. 71-87.
- Martinet, Alain-Charles et Silem. 2009. *Lexique de gestion et de management*. 8e édition. Dunod.
- Marx, Karl. 1857. *Grundrisse. Principes d'une Critique de l'Économie Politique*.

- Marx, Karl. 1867. *Le Capital*. Paris : Éditions sociales.
- Le Masson, Pascal et Armand Hatchuel. 2006. *Les processus d'innovation : conception innovante et croissance des entreprises*. Paris : Lavoisier [u.a.].
- Mazaud, Frédéric. 2006. « De la firme sous-traitante de premier rang à la firme pivot. Une mutation de l'organisation du système productif « Airbus » ». *Revue d'économie industrielle*, no 113, p. 45-60.
- Mazaud, Frédéric et Marie Lagasse. 2009. « Externalisation et coordination stratégique des relations de sous-traitance: le cas d'Airbus ». Dans *Analyses et transformations de la firme. Une approche pluridisciplinaire*, sous la dir. de B. Baudry et B. Dubrion, p. 153-168. coll. Recherches. Paris : La découverte.
- McLuhan, Marshall. 1967. *La Galaxie Gutenberg, face à l'ère électronique: les civilisations de l'âge oral à l'imprimerie*. Mame.
- McWilliams, Abigail et Donald Siegel. 2000. « Corporate social responsibility and financial performance: correlation or misspecification? » *Strategic management journal*, vol. 21, no 5, p. 603-609.
- MDEIE. 2006. *Stratégie de développement de l'industrie aéronautique québécoise*. Rapport ministériel. Québec.
- . 2008. *L'industrie aérospatiale au Québec. Faits saillants et chiffres sur le secteur pour 2008*. Rapport ministériel. En ligne.
<<http://www.criq.aero/Francais/Documents/Effectifs-ventes-2008-aero-clmer.pdf>>.
- . 2009. *L'industrie aérospatiale au Québec. Faits saillants et chiffres sur le secteur pour 2009*. Rapport ministériel.
- . 2010. *Stratégie Québécoise de la recherche et de l'innovation 2010-2013. Mobiliser, Innover, Prospérer*.
- Mercklé, Pierre. 2004. *Sociologie des réseaux sociaux*. Paris : La Découverte.
- Meyer, Peter B. 2013. « The Airplane as an Open-Source Invention ». *Revue économique*, vol. 64, no 1, p. 115-132.
- MFEQ. 2013. « aérospatiale / Présentation de l'industrie ». En ligne.
<<http://www.economie.gouv.qc.ca/objectifs/informer/par-secteur-dactivite/aerospatiale/page/le-secteur-10812>>. Consulté le 7 avril 2013.
- Michalet, Charles-Albert. 2004. *Qu'est-ce que la mondialisation?: petit traité à l'usage de ceux et celles qui ne savent pas encore s'il faut être pour ou contre*. La Découverte/Poche.
- Miles, R. E., C. C. Snow, H. Coleman et J. Henry. 1992. « Managing 21st century network organizations ». *Organizational Dynamics*, vol. 20, no 3, p. 4-20.
- Mintzberg, Henry. 2005. *Des managers des vrais!: pas des MBA: un regard critique sur le management et son enseignement*. Éditions d'Organisation.
- Montréal International. 2001. *L'industrie aérospatiale du Grand Montréal*. Coll. « Une approche sectorielle qui porte fruit ». Montréal.
- Montuori, Alfonso et Ronald E. Purser. 1995. « Deconstructing the Lone Genius Myth: Toward a Contextual View of Creativity ». *Journal of Humanistic Psychology*, vol. 35, no 3, p. 69.
- Morand, Pascal et Delphine Manceau. 2009. *Pour une nouvelle vision de l'innovation*. Rapport public. Paris : La Documentation Française. En ligne.

- <<http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/094000205/index.shtml>>. Consulté le 18 février 2013.
- Morgan, Gareth. 1990. « Paradigm diversity in organizational research ». *The theory and philosophy of organizations: Critical issues and new perspectives*, London/New York: Routledge, p. 13-19.
- Morin, Edgar. 1986. *La méthode, Tome 3 : La connaissance de la connaissance*. Paris : Le Seuil.
- Mothe, Caroline. 1997. *Comment réussir une alliance en recherche et développement*. Editions L'Harmattan.
- Mouhoud, El Mouhoub et Dominique Plihon. 2009. *La finance et le savoir*. La Découverte.
- Moulier-Boutang, Yann. 2007. *Le Capitalisme Cognitif. La Nouvelle Grande Transformation*. Éd. Amsterdam.
- Mowery, David C., Joanne E. Oxley et Brian S. Silverman. 1996. « Strategic alliances and interfirm knowledge transfer ». *Strategic Management Journal*, vol. 17, no 1, p. 77-91.
- Musso, Pierre. 1997. *Télécommunications et philosophie des réseaux*. La politique élatée. Paris : PUF.
- Nations Unies. 2009. *Classification internationale type, par industrie, de toutes les branches d'activité économique (CITI) - Révision 4*. New York : Département des affaires économiques et sociales - Division de statistique. En ligne. <<http://unstats.un.org/unsd/cr/registry/isic-4.asp>>. Consulté le 2 avril 2010.
- Nelson, Richard R. 1993. *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. Oxford University Press US.
- Nelson, Richard R. et Sidney G. Winter. 1982. *An evolutionary theory of economic change*. Belknap Press of Harvard University Press Cambridge, Mass.
- Nightingale, Paul. 1998. « A cognitive model of innovation ». *Research Policy*, vol. 27, no 7, p. 689-709.
- Niosi, Jorge. 1995a. « L'émergence de l'évolutionnisme en sciences sociales ». Note de recherche du CIRST.
- . 1995b. *Vers l'innovation flexible: les alliances technologiques dans l'industrie canadienne*. Presses de l'Université de Montréal.
- Niosi, Jorge, Paolo P. Saviotti, Bertrand Bellon et Michael Crow. 1993. « National systems of innovations : in search of a workable concept ». *Technology in Society*, vol. 15, p. 207-227.
- Noblet, Jean-Pierre et Éric Simon. 2010. « La capacité d'absorption, un état de l'art ». *Management & Avenir*, no 5, p. 33-50.
- Nonaka, Ikujiro. 1990. « Redundant, Overlapping Organization: A Japanese Approach to Managing the Innovation Process ». *California Management Review*, vol. 32, no 3, p. 27.
- . 1994. « A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation ». *Organization Science*, vol. 5, no 1, p. 14-37.
- Nonaka, Ikujiro et Noboru Konno. 1998. « The Concept of "Ba" : Building a Foundation for Knowledge Creation ». *California Management Review*, vol. 40, no 3, p. 40-54.
- Nonaka, Ikujiro et Hirotaka Takeuchi. 1997. *La connaissance créatrice: la dynamique de l'entreprise apprenante*. De Boeck Université.

- Nonaka, Ikujiro et Ryoko Toyama. 2003. « The knowledge-creating theory revisited: knowledge creation as a synthesizing process ». *Knowledge Management Research & Practice*, vol. 1, no 1, p. 2-10.
- . 2005. « The theory of the knowledge-creating firm: subjectivity, objectivity and synthesis ». *Industrial and Corporate Change*, vol. 14, no 3, p. 419-436.
- De Nooy, Wouter, Andrej Mrvar et Vladimir Batagelj. 2005. *Exploratory Social Network Analysis with Pajek*. Cambridge University Press.
- Nora, Dominique. 2009. *Les pionniers de l'or vert: ils inventent le XXIe siècle*. Grasset.
- OACI. 2010. *ICAO Environmental Report*.
- . 2012. *Report on environmental management system (EMS) practices in the aviation sector*. Montreal, Quebec : International Civil Aviation Organization.
- OCDE. 2000. *Société du savoir et gestion des connaissances*. Éditions OCDE. En ligne. <http://www.oecd-ilibrary.org/fr/education/societe-du-savoir-et-gestion-des-connaissances_9789264281042-fr>. Consulté le 7 mars 2011.
- . 2002. *Dynamiser les systemes nationaux d'innovation*. Éditions OCDE.
- . 2005. *Manuel d'Oslo*. 3e édition. Paris : Organisation for Economic Co-operation and Development. En ligne. <<http://www.oecd-ilibrary.org/content/book/9789264013124-fr>>. Consulté le 18 février 2013.
- . 2010. *L'éco-innovation dans l'industrie favoriser la croissance verte*. Paris : OCDE.
- . 2012. *Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050*. Paris : Organisation for Economic Co-operation and Development. En ligne. <http://www.oecd-ilibrary.org/content/book/env_outlook-2012-fr>. Consulté le 26 avril 2013.
- Orlikowski, Wanda J. 2007. « Sociomaterial practices: Exploring technology at work ». *Organization studies*, vol. 28, no 9, p. 1435-1448.
- Orr, Julian E. 1986. « Narratives at work: story telling as cooperative diagnostic activity ». *Proceedings of the 1986 ACM conference on Computer-supported cooperative work*, p. 62-72.
- . 1990. « Sharing knowledge, celebrating identity: Community memory in a service culture ». *Collective Remembering*, vol. 169, p. 189.
- Paillé, P. 1994. « L'analyse par théorisation ancrée ». *Cahiers de recherche sociologique*, no 23, p. 147-181.
- Passet, René. 1979. « L'économie et le vivant ».
- . 2010. *Des grandes représentations du monde et de l'économie*. Paris : Les liens qui libèrent.
- Patton, Michael Quinn. 2002. *Qualitative Research and Evaluation Methods*. Sage Publications.
- Pauchant, Thierry C. 1996. *La Quete du Sens*. Québec/Amérique.
- Pavlov, Ivan P. 1963. *Réflexes conditionnels et inhibitions*. Genève : Gonthier.
- Payaud, M. A. 2005. *Formation des stratégies et middle managers*. Harmattan.
- Peaucelle, Jean-Louis. 2005. « Raisonner sur les épingles, l'exemple d'Adam Smith sur la division du travail ». *Revue d'économie politique*, vol. Vol. 115, no 4, p. 499-519.
- Pébereau, Michel. 2011. « Sortir de l'illusion du « tout-marché » ». *Les Echos*, 16 novembre 2011.
- Penrose, Edith T. 1959. *The Growth of the Firm*. Oxford.

- Pesqueux, Yvon. 2002. *Organisations: modèles et représentations*. Paris : PUF.
- Piaget, Jean. 1967. « Biologie et connaissance: essai sur les relations entre les régulations organiques et les processus cognitifs ».
- Pitsis, Tyrone S., Stewart R. Clegg, Marton Marosszeky et Thekla Rura-Polley. 2003. « Constructing the Olympic dream: a future perfect strategy of project management ». *Organization Science*, vol. 14, no 5, p. 574-590.
- Plihon, Dominique. 2004. *Le nouveau capitalisme*. Nouv. éd. Editions La Découverte.
- Podolny, Joel M., Toby E. Stuart et Michael T. Hannan. 1996. « Networks, knowledge, and niches: Competition in the worldwide semiconductor industry, 1984-1991 ». *American Journal of Sociology*, vol. 102, no 3, p. 659-689.
- Polanyi, Karl. 2009. *La Grande Transformation : Aux origines politiques et économiques de notre temps*. Editions Gallimard.
- Polanyi, Michael. 1966. *The tacit dimensions*. Garden City, NY: Doubleday.
- Poppo, Laura et Todd Zenger. 2002. « Do formal contracts and relational governance function as substitutes or complements ». *Strategic Management Journal*, vol. 23, no 8, p. 707-725.
- Poppo, Laura, Kevin Zheng Zhou et Sungmin Ryu. 2008. « Alternative Origins to Interorganizational Trust: An Interdependence Perspective on the Shadow of the Past and the Shadow of the Future ». *Organization Science*, vol. 19, no 1, p. 39-55.
- Porter, Michael E. 1998. « Clusters and the new economics of competition ». *Harvard Business Review*, vol. 76, no 6, p. 77-90.
- Porter, Michael E. et Mark R. Kramer. 2006. « Strategy and society ». *Harvard business review*, vol. 84, no 12, p. 78-92.
- Powell, Walter W. 1990. « Neither market nor hierarchy: networks forms of organization ». *Research in Organizational Behavior*, vol. 12, no 2, p. 295-336.
- . 1998. « Learning from collaboration: knowledge and networks in the biotechnology and pharmaceutical industries ». *California Management Review*, vol. 40, no 3, p. 228-240.
- Powell, Walter W., Kenneth W. Koput et Laurel Smith-Doerr. 1996. « Interorganizational Collaboration and the Locus of Innovation: Networks of Learning in Biotechnology ». *Administrative Science Quarterly*, vol. 41, no 1.
- Prahalad, C. K. et Gary Hamel. 1990. « The core competence of the corporation ». *Harvard Business Review*, vol. 68, no 3, p. 79-91.
- Prax, Jean-Yves, Bernard Buisson et Philippe Silberzahn. 2005. *Objectif Innovation : Stratégies pour construire l'entreprise innovante*. Dunod.
- Prencipe, Andrea et Fredrik Tell. 2001. « Inter-project learning: processes and outcomes of knowledge codification in project-based firms ». *Research Policy*, vol. 30, no 9, p. 1373-1394.
- Prensky, Marc. 2003. « Digital game-based learning ». *Computers in Entertainment (CIE)*, vol. 1, no 1, p. 21-21.
- Prévot, Frédéric. 2007. « Coopétition et management des compétences ». *Revue française de gestion*, vol. 33, no 176, p. 183.
- Quivy, Raymond et Luc Van Campenhoudt. 1988. *Manuel de recherche en sciences sociales*. Dunod.

- Ranft, A. L. et M. D. Lord. 2000. « Acquiring new knowledge:: The role of retaining human capital in acquisitions of high-tech firms ». *The Journal of High Technology Management Research*, vol. 11, no 2, p. 295-319.
- Reagans, Ray et Bill McEvily. 2003. « Network Structure and Knowledge Transfer: The Effects of Cohesion and Range ». *Administrative Science Quarterly*, vol. 48, no 2, p. 240-267.
- Research Money. 2012. « RESEARCHINFOSOURCE.COM ». En ligne. <<http://www.researchinfosource.com/toprd.shtml>>. Consulté le 7 avril 2013.
- Rifkin, Jeremy. 2001. *The age of access*. Penguin Books.
- . 2012a. *La troisième révolution industrielle. Les liens qui libèrent*.
- . 2012b. *Une nouvelle conscience pour un monde en crise : Vers une civilisation de l'empathie*. Actes Sud.
- Rizzolatti, Giacomo et Corrado Sinigaglia. 2011. *Les Neurones miroirs*. Odile Jacob.
- Rogers, E. M. 1962. *Diffusion of innovations*. Free Press.
- Romon, François et Sandrine Fernez-Walch. 2006. *Management de l'innovation : De la stratégie aux projets*. Vuibert.
- Rose, Steven. 1975. *Le cerveau conscient*. Paris : Seuil.
- Rouleaux-Dugage, Martin. 2007. *Organisation 2 0: le knowledge management nouvelle génération*. Eyrolles.
- Saint-Paul, Raymond. 1990. « Recherche et progrès technique ». *Encyclopédie économique*. Paris : Economica.
- Saussois, Jean-Michel. 2006. *Capitalisme sans répit*. La Dispute.
- . 2011. *Le Capitalisme : un dieu sans Bible*. Le Cavalier Bleu.
- Sawhney, Mohanbir et Emanuela Prandelli. 2004. « Communities of creation ». *How Organizations Learn: Managing the Search for Knowledge*.
- Saxenian, Anna Lee. 1994. *Regional Advantage: Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128*. Harvard University Press.
- Schein, Edgar H. 2006. *Organizational culture and leadership*. Wiley.
- Schulze, Anja et Martin Hoegl. 2006. « Knowledge Creation in New Product Development Projects ». *Journal of Management*, vol. 32, no 2, p. 210.
- Schumpeter, Joseph. 1911. *Théorie de l'évolution économique. Recherche sur le profit, le crédit, l'intérêt et le cycle de la conjoncture*. En ligne. <http://classiques.uqac.ca/classiques/Schumpeter_joseph/theorie_evolution/theorie_evolution_2.pdf>.
- Schwartz, D. 2006. « An Aristotelian View of Knowledge Management ». *Encyclopaedia of Knowledge Management, Idea Group Reference, Hershey, PA (USA)*, p. 10-16.
- Senker, Jacqueline. 1995. « Networks and tacit knowledge in innovation ». *Economies et sociétés*, vol. 29, no 9, p. 99-118.
- Serenko, A., N. Bontis, L. Booker, K. Sadeddin et T. Hardie. 2010. « A scientometric analysis of knowledge management and intellectual capital academic literature (1994-2008) ». *Journal of Knowledge Management*, vol. 14, no 1, p. 3-23.
- Seufert, Andreas, Georg von Krogh et Andrea Back. 1999. « Towards Knowledge Networking ». *Journal of Knowledge Management*, vol. 3, no 3.
- Simon, Herbert A. 1955. « A behavioral model of rational choice ». *Quarterly Journal of Economics*, vol. 69, no 1, p. 99-118.

- Simon, Laurent. 2002. « Le management en univers ludique : jouer et travailler chez Ubi Soft, une entreprise du multimédia à Montréal (1998-1999) ». Thèse de doctorat, HEC Montréal.
- . 2006a. « Managing creative projects: An empirical synthesis of activities ». *International Journal of Project Management*, vol. 24, no 2, p. 116-126.
- . 2006b. « Du gamesman aux gamers : le jeu comme dynamique des organisations contemporaines ? » *Revue Gestion*, vol. 4, no 30, p. 34-42.
- Simondon, Gilbert. 1969. *Du mode d'existence des objets techniques*. Aubier-Montaigne.
- Smith, Adam. 1999. *La Richesse des nations. Tome I*. Trad. par Daniel Diatkine. Flammarion.
- Solé, Andreu. 2000. *Créateurs de mondes: nos possibles, nos impossibles*. Ed. du Rocher.
- . 2011. « Développement durable ou décroissance ? Le point aveugle du débat ». Dans *Décroissance Versus Développement Durable*, sous la dir. de Yves-Marie Abraham, Louis Marion, et Hervé Philippe. Les Editions Ecosociété.
- Sonn, J.W. et M. Storper. 2008. « The increasing importance of geographical proximity in knowledge production: An analysis of US patent citations, 1975-1997 ». *Environment and Planning A*, vol. 40, no 5, p. 1020-1039.
- Stake, Robert E. 1978. « The case study method in social inquiry ». *Educational Researcher*, vol. 7, no 2, p. 5-8.
- Stalk, Georg. 1992. « Time-Based Competition and Beyond: Competing on Capabilities ». *Planning Review*, vol. 20, no 5, p. 27-29.
- Star, Susan L. 1989. « The structure of ill-structured solutions: boundary objects and heterogeneous distributed problem solving ». Dans *Distributed Artificial Intelligence (Vol. 2)*, p. 37-54. San Francisco, CA, USA : Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- Steiner, Michael (dir.). 1998. *Clusters and Regional Specialisation: On Geography, Technology and Networks*. Pion.
- Sterling, Bruce. 2000. « Libre comme l'eau, l'air, le savoir ». Dans *Libres enfants du savoir numérique: Une anthologie du Libre*, sous la dir. de Olivier Blondeau et Florent Latrive. Perreux, France : éditions de l'éclat.
- Stoffaës, Christian. 2000. « Nouveaux réseaux et nouveaux services publics. » Dans *Espérances et menaces de la nouvelle économie, Le cercle des économistes.*, p. 478. Paris : Descartes & Cie.
- Storck, John et Patricia A. Hill. 2000. « Knowledge Diffusion through "Strategic Communities" ». *Knowledge and Communities*, p. 65-83.
- Strauss, Anselm L. et Juliet M. Corbin. 1990. *Basics of qualitative research: grounded theory procedures and techniques*. Sage Publications.
- Sullivan, Billian Ni, Pamela R Haunschild et Karen Page. 2007. « Organizations Non Gratae? The Impact of Unethical Corporate Acts on Interorganizational Networks ». *Organization Science*, vol. 18, no 1, p. 55-70.
- Sveiby, Karl-Erik. 2000. *Knowledge Management : la nouvelle richesse des entreprises*. Maxima.
- Swan, Jacky et Harry Scarbrough. 2001. « Knowledge management: concepts and controverses ». *Journal of Management Studies*, vol. 38, no 7, p. 913-921.

- Takeuchi, Hirotaka et Ikujiro Nonaka. 1986. « The New New Product Development Game ». *Harvard Business Review*, vol. 64, no 1, p. 137-146.
- Tarondeau, Jean-Claude. 1994. *Recherche et développement*. Vuibert.
- Teece, David J. 1986. « Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy ». *Research Policy*, vol. 15, no 6, p. 285-305.
- Teece, David J., Gary Pisano et A. Shuen. 1997. « Dynamic capabilities and strategic management ». *Strategic management journal*, vol. 18, no 7, p. 509-533.
- Teece, David J. 2003. « Competition, cooperation, and innovation: Organizational arrangements for regimes of rapid technological progress ». *Essays in Technology Management and Policy: Selected Papers of David J. Teece*, p. 447.
- Terral, Laurent. 2003. « Les industries aérospatiales en Amérique du Nord: entre permanences et recompositions territoriales ». Université de Montréal et Université de Toulouse-Le Mirail.
- Thorelli, Hans B. 1986. « Networks: Between Markets and Hierarchies ». *Strategic Management Journal*, vol. 7, no 1, p. 37-51.
- Tönnies, Ferdinand. 1977. *Communauté et société. Catégories fondamentales de la sociologie pure*. Paris : PUF.
- Tsai, Wenpin. 2002. « Social Structure of "Coopetition" Within a Multiunit Organization: Coordination, Competition, and Intraorganizational Knowledge Sharing ». *Organization Science*, vol. 13, no 2, p. 179-190.
- Turner, R. Kerry, David Pearce et Ian Bateman. 1994. *Environmental economics: an elementary introduction*. Harvester Wheatsheaf.
- Tushman, Michael L. 1977. « Special Boundary Roles in the Innovation Process ». *Administrative Science Quarterly*, vol. 22, no 4, p. 587-605.
- Uzzi, Brian. 1997. « Social Structure and Competition in Interfirm Networks: The Paradox of Embeddedness ». *Administrative Science Quarterly*, vol. 42, no 1.
- Valier, Jacques. 2005. *Brève histoire de la pensée économique d'Aristote à nos jours*. Paris : Flammarion.
- Vallée, Lionel. 1985. « Représentations collectives et sociétés ». Dans *La Rupture entre l'entreprise et les hommes*, sous la dir. de Alain Chanlat et Maurice Dufour. Editions Québec/Amérique.
- Vanberg, Viktor J. 1993. « Rational Choice, Rule-Following and Institutions. » ». *Rationality, Institutions and Economic Methodology*, p. 171-200.
- Volle, Michel. 2011. « Révolution informatique et déséquilibres économiques ». *Questions internationales*, no 47. En ligne. <<http://michelvolle.blogspot.ca/2010/12/revolution-informatique-et.html>>.
- Von Glasersfeld, Ernst. 1984. « An introduction to radical constructivism ». *The invented reality*, p. 17-40.
- Waddock, Sandra A. et Samuel B. Graves. 1997. « The corporate social performance-financial performance link ». *Strategic management journal*, vol. 8, no 4, p. 303-319.
- Walker, Robert S., F. Whitten Peters, Buzz Aldrin, Edward M. Bolen, R. Thomas Buffenbarger, John W. Douglass, Tillie K. Fowler, et al. 2002. *Final Report of the Commission on the Future of the United States Aerospace Industry*. En ligne. <http://trade.gov/static/aero_rpt_aero_commission.pdf>.

- Wang, Catherine L. et Pervaiz K. Ahmed. 2003. « Organizational learning: a critical review ». *The Learning Organization*, vol. 10, no 1, p. 8-17.
- Weick, K. E. 1995. *Sensemaking in organizations*. Sage Publications Inc.
- Weick, Karl E. 1988. « Enacted sensemaking in crisis situations ». *Journal of management studies*, vol. 25, no 4, p. 305-317.
- Wellman, Barry et Steven D. Berkowitz. 1988. *Social structures: a network approach*. Cambridge University Press.
- Wenger, Etienne. 1998. *Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity*. Cambridge University Press.
- Wenger, Etienne, Richard A. McDermott et William Snyder. 2002. *Cultivating Communities of Practice: A Guide to Managing Knowledge*. Harvard Business School Press.
- Wenger, Etienne et William Snyder. 2003. « Des communautés de pratique - le nouvel horizon organisationnel ». Dans *Les meilleurs articles de la Harvard Business Review sur le Management du savoir en pratique*, p. 91-115. Paris : Éditions d'organisation.
- Wernerfelt, Birger. 1984. « A Resource-Based View of the Firm ». *Strategic Management Journal*, vol. 5, no 2, p. 171-180.
- Whitford, Josh et Cuz Potter. 2007. « Regional economies, open networks and the spatial fragmentation of production ». *Socioecon Rev*, vol. 5, no 3, p. 497-526.
- Winner, Langdon. 2002. *La baleine et le réacteur : à la recherche de limites au temps de la haute technologie*. Paris : Descartes & Cie.
- Womack, J. P., D. Roos et D. T. Jones. 1990. *The machine that changed the world*. Macmillan Publishing Company.
- Woodman, Richard W., John E. Sawyer et Ricky W. Griffin. 1993. « Toward a Theory of Organizational Creativity ». *The Academy of Management Review*, vol. 18, no 2, p. 293-321.
- Yin, Robert K. 2003. *Case Study Research: Design and Methods*. Sage Publications.
- Zara, O. 2005. *Le management de l'intelligence collective vers une nouvelle gouvernance*. M2 éd.
- Zhegu, Majlinda. 2007. « La coévolution des industries et des systèmes d'innovation : l'industrie aéronautique ». Thèse de doctorat, Montréal, Québec : Université du Québec à Montréal.
- . 2010. « Bifurcation de l'apport de l'utilisateur en innovations de rupture et innovations de continuité : le cas de l'industrie aéronautique ». Communication. *Colloque du CIRST - Figures de l'utilisateur en contexte d'innovation* (Montréal, Québec, 29 janvier 2010).
- Znaniecki, Florian. 1968. *The Social Role of the Man of Knowledge*. Transaction Publishers.
- Zollo, Mauricio et Sidney G. Winter. 2002. « Deliberate Learning and the Evolution of Dynamic Capabilities ». *Organization Science*, vol. 13, no 3, p. 339.
- Zuliani, Jean-Marc, Guy Jalabert et Frédéric Leriche. 2003. *Système productif et dynamiques urbaines: les villes européennes de l'aéronautique*. Toulouse : Rapport pour le Ministère de la Recherche et de la Technologie. CIEU/CNRS.