

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE
Faculté de génie
Département de génie mécanique

MODÉLISATION SYSTÉMIQUE DU
DÉVELOPPEMENT DE PRODUITS COMME
LEVIER D'ENGAGEMENT DE SES ACTEURS
DANS UNE DÉMARCHE D'INNOVATION

Thèse de doctorat
Spécialité : génie mécanique

Bruno LECLERC

Jury: Patrik DOUCET (directeur)
François CHARRON
Denis RANCOURT
Fernand LANDRY

RÉSUMÉ

Une entreprise innove pour affronter un marché en constante évolution, augmenter ses marges de profitabilité et assurer sa pérennité. Créer une organisation innovante est donc un objectif tout à fait justifié. Or, la création d'une telle organisation constitue un projet ambitieux et de grande envergure. Par où et par quoi commencer? Pour envisager la création d'une organisation innovante, l'approche par essaimage représenterait une avenue intéressante. C'est un principe par lequel une petite unité innovante est créée dans une entreprise et qui, par propagation, convertit peu à peu les autres unités. Ainsi, dans les entreprises œuvrant en développement de produits (DP), il est suggéré de s'attaquer d'abord au système de DP, lequel transforme essentiellement les *besoins du client* en *produits finaux*. En outre, le système de DP renferme le système de développement de concepts (DC), regroupant les activités en amont du DP, transformant les *besoins du client* en *concept de produit*. Le *concept de produit* constitue l'initiateur des phases en aval du DP menant à la création du *produit final*. Or, le système de DC représenterait un levier d'amplification du système de DP et il renfermerait un potentiel énorme d'amélioration. Agir positivement sur la performance en DC conduirait à des répercussions positives sur la performance globale du DP. À cet égard, plusieurs scientifiques ont développé différents outils de conception afin d'aider les acteurs du DP à mieux performer en DC, considéré somme toute comme un élément difficile du DP. Mais ces acteurs du DP sont-ils vraiment enclins à utiliser lesdits outils? La présente recherche offre une meilleure compréhension des obstacles associés au DC et propose une méthodologie utilisant un modèle systémique du DP comme artéfact de réification du DC, dans une séance encourageant la participation des acteurs du DP de manière à élever le niveau de sens qu'ils accordent au DC. Plus ce niveau de sens est élevé, plus l'engagement des acteurs envers le DC s'accroît. Un engagement plus grand des acteurs du DP à performer en DC laisse présager une plus grande ouverture à s'appropriier les outils de conception, une augmentation de la propension à innover et une meilleure performance globale en DP étant donné les liens qui unissent le DC au DP et au final, à l'organisation.

Mots-clés : innovation, développement de produits, développement de concepts, concept de produit, systémique, *sensemaking*, modélisation, simulation

REMERCIEMENTS

J'adresse d'abord mes plus sincères remerciements à mon directeur de thèse, M. Patrik Doucet pour son ouverture d'esprit, son accompagnement inspirant, sa rigueur intellectuelle et son souci d'une langue française bien parlée et bien écrite. Il a su m'épauler dans les moments plus éprouvants de l'aventure doctorale. Je dois également souligner mon appréciation du support de M. François Charron qui fut la première personne que j'ai contactée à l'Université de Sherbrooke et qui m'a dirigé intelligemment vers Patrik. Je remercie enfin M. Denis Rancourt et M. François Charron pour leurs questions et leurs suggestions qui ont donné de la couleur à ma recherche.

J'aimerais également souligner le support de plusieurs amis et ex-collègues de travail (ils sont nombreux!) et leurs encouragements dans la poursuite de mes études de troisième cycle. Leurs bons mots à mon endroit m'ont grandement touché. Je salue particulièrement Fernand pour son appui à mon projet et sa grande générosité. Je remercie Johanne pour ses bonnes pensées à mon égard.

Je témoigne de mon immense gratitude envers mes parents pour leur soutien indéfectible dans ce projet de doctorat. Ils ont cru en moi et ils ont su nourrir mes rêves. Je remercie également mes sœurs et leurs conjoints pour toutes leurs attentions. J'exprime ici mes plus tendres remerciements à mes trois enfants Laurence, Benjamin et Marianne pour leur compréhension à me voir consacrer tant de temps à ce projet au détriment de la pleine présence de leur père. J'espère à tout le moins leur avoir transmis le désir d'apprendre et de se réaliser pleinement dans leur mission de vie.

Je crois en Dieu qui est Amour, source de toute création...

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--|----------|
| INTRODUCTION | 1 |
| 1.1 Mise en contexte et problématique | 1 |
| 1.2 Définition du problème de recherche..... | 4 |
| 1.3 Question et objectifs du projet de recherche..... | 5 |
| 1.4 Contributions originales..... | 6 |
| 1.5 Plan de la thèse | 7 |
| ÉTAT DE L'ART | 9 |
| 2.1 L'organisation innovante | 9 |
| 2.1.1 Pourquoi innover? | 9 |
| 2.1.2 Caractéristiques de l'organisation innovante..... | 10 |
| 2.1.3 La culture de l'innovation..... | 10 |
| 2.1.4 La gestion d'une organisation innovante..... | 13 |
| 2.1.5 La création d'une organisation innovante en bref | 16 |
| 2.2 Le développement de produits (DP) | 17 |
| 2.2.1 Définition et description générale du DP | 17 |
| 2.2.2 L'importance du DP | 18 |
| 2.2.3 Le DP vu en deux blocs principaux..... | 19 |
| 2.2.4 Le processus de DP | 21 |
| 2.3 Le concept de produit | 26 |
| 2.3.1 Le concept de « concept »! | 27 |
| 2.3.2 Les particularités du concept de produit..... | 28 |
| 2.3.3 L'importance du concept de produit..... | 28 |
| 2.3.4 Qu'est-ce qu'un « bon » concept de produit?..... | 31 |
| 2.4 Le développement de concepts (DC)..... | 33 |
| 2.4.1 Une description et une définition du DC | 34 |
| 2.4.2 L'importance et les difficultés associées au DC..... | 36 |
| 2.5 La génération de concepts (GC) | 38 |
| 2.5.1 Une description et une définition de la GC | 38 |
| 2.5.2 L'importance de la GC | 43 |

| | | |
|--|---|------------|
| 2.5.3 | Les difficultés de la GC..... | 44 |
| 2.6 | La performance des acteurs du DP en DC..... | 53 |
| 2.6.1 | Les capacités cognitives des acteurs du DP | 53 |
| 2.6.2 | La création de sens en DC..... | 55 |
| 2.6.3 | La systémique appliquée au DP | 62 |
| 2.6.4 | Les types d'acteurs en DP | 71 |
| 2.7 | Conclusion du chapitre | 74 |
| MODÉLISATION SYSTÉMIQUE DU DÉVELOPPEMENT DE PRODUITS..... | | 76 |
| 3.1 | Étape 1 de la modélisation - Définir le projet..... | 77 |
| 3.1.1 | La finalité du modèle systémique de développement de produits (MSDP)..... | 77 |
| 3.1.2 | La délimitation des frontières du MSDP..... | 78 |
| 3.2 | Étape 2 de la modélisation – Dessiner le modèle | 79 |
| 3.2.1 | Identification d'atomes du modèle dans la littérature | 80 |
| 3.2.2 | Outils de conception appliqués au développement du MSDP | 81 |
| 3.2.3 | Le Système Générale (SG)..... | 84 |
| 3.2.4 | L'archétype de l'articulation d'un système complexe de 9 ^e niveau..... | 87 |
| 3.2.5 | Une première version du MSDP | 89 |
| 3.2.6 | Vérification théorique du MSDP..... | 95 |
| 3.3 | Étape 3 de la modélisation – Étudier le comportement du modèle | 99 |
| 3.3.1 | Les « dix commandements » de la systémique | 100 |
| 3.3.2 | La comparaison du MSDP avec des modèles de la littérature | 107 |
| 3.3.3 | Capacité du MSDP à refléter la réalité d'entreprises de DP | 113 |
| 3.4 | Étape 4 de la modélisation – Utiliser le modèle | 115 |
| 3.5 | Conclusion du chapitre | 115 |
| MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE SUR LE TERRAIN..... | | 117 |
| 4.1 | Contextes industriels du terrain de recherche..... | 117 |
| 4.1.1 | Description des entreprises participantes | 118 |
| 4.1.2 | Description des participants | 119 |
| 4.2 | Méthodologies de recherche sur le terrain..... | 121 |
| 4.3 | Instruments de constitution des données | 123 |
| 4.3.1 | Journal chronologique des évènements (JCÉ) | 123 |

| | | |
|---|--|------------|
| 4.3.2 | Observations participantes..... | 124 |
| 4.3.3 | Entrevues individuelles initiales semi dirigées..... | 124 |
| 4.3.4 | Entrevues de groupe | 127 |
| 4.3.5 | Questionnaires | 128 |
| 4.3.6 | Processus de collecte de données et de mise en œuvre du MSDP | 132 |
| 4.4 | Analyse des données constituées | 135 |
| 4.4.1 | L'échelle de mesure du niveau de sens (NDS) accordé au DC | 135 |
| 4.4.2 | Évaluation du NDS selon chaque instrument de constitution des données..... | 135 |
| 4.4.3 | Évaluation des NDS _i , NDS _{a,CT} et NDS _{a,LT} | 136 |
| 4.4.4 | Conditions témoignant d'une élévation du NDS d'un participant | 136 |
| 4.5 | Considérations éthiques | 137 |
| 4.5.1 | Le choix du groupe de personnes participantes..... | 137 |
| 4.5.2 | Retombées scientifiques et sociales attendues..... | 137 |
| 4.5.3 | Équilibre entre les risques et les bénéfices | 137 |
| 4.5.4 | Consentement libre et éclairé | 139 |
| 4.5.5 | Confidentialité des données..... | 139 |
| 4.6 | Conclusion du chapitre | 140 |
| OBSERVATIONS ET EXPÉRIMENTATIONS SUR LE TERRAIN..... | | 142 |
| 5.1 | Déroulement de la recherche sur le terrain | 142 |
| 5.1.1 | Chronologie des évènements | 142 |
| 5.1.2 | Aléas du terrain..... | 145 |
| 5.2 | Niveau de sens accordé au DC par les acteurs du DP | 146 |
| 5.2.1 | Développement d'une échelle de niveau de sens accordé au DC..... | 146 |
| 5.2.2 | Le NDS comme variable aléatoire..... | 148 |
| 5.2.3 | Résultats d'analyse des entrevues individuelles semi-dirigées | 155 |
| 5.2.4 | Résultats d'analyse des observations répertoriées dans le JCÉ..... | 158 |
| 5.2.5 | Résultats d'analyse des réponses aux questionnaires Q1 et Q2 | 159 |
| 5.2.6 | Résultats d'analyse des entrevues de groupe..... | 164 |
| 5.2.7 | Résultats d'analyse du questionnaire final | 168 |
| 5.2.8 | Synthèse et analyse globale des résultats de la recherche sur le terrain..... | 170 |
| 5.3 | Validation du MSDP sur le terrain | 177 |

| | | |
|--|---|------------|
| 5.4 | Expérimentation d'une activité de génération de concepts | 179 |
| 5.5 | Conclusion du chapitre | 182 |
| SIMULATEURS DU DÉVELOPPEMENT DE CONCEPTS COMME LEVIER D'ENGAGEMENT..... | | 184 |
| 6.1 | Le système de développement de concepts (DC)..... | 186 |
| 6.2 | Simulation du modèle systémique du développement de concepts (MSDC) par la méthode de Monte Carlo | 191 |
| 6.2.1 | Description de la méthode de Monte Carlo..... | 192 |
| 6.2.2 | Modèles mathématiques statistiques | 193 |
| 6.2.3 | Simulation de Monte Carlo – Résultats et interprétations..... | 197 |
| 6.3 | Proposition d'un simulateur du MSDC utilisant la dynamique des systèmes | 206 |
| 6.4 | Conclusion du chapitre | 209 |
| CONCLUSION..... | | 211 |
| 7.1 | Sommaire des travaux de recherche | 211 |
| 7.1.1 | Le développement de concepts et l'organisation innovante..... | 211 |
| 7.1.2 | La performance des acteurs en développement de concepts..... | 214 |
| 7.1.3 | Le modèle systémique du développement de produits..... | 216 |
| 7.1.4 | La méthodologie et l'expérimentation sur le terrain | 217 |
| 7.1.5 | La simulation du MSDC | 224 |
| 7.2 | Résumé des contributions originales des travaux..... | 227 |
| 7.3 | Nouvelles perspectives de recherche | 228 |
| 7.4 | Mot de la fin | 230 |
| OUTILS DE CONCEPTION DU MSDP | | 231 |
| A1. | Chiffriers QFD relatifs au MSDP..... | 232 |
| A2. | Grille HAZOP pour l'analyse du MSDP | 235 |
| PARTICIPANTS À LA RECHERCHE..... | | 237 |
| ENTREVUES INDIVIDUELLES | | 239 |
| C1. | Questions d'entrevue individuelles | 239 |
| C2. | Schème de codification..... | 240 |
| C3. | Description détaillées des archétypes | 244 |

| | |
|--|------------|
| C4. Exemple d'analyse d'une entrevue individuelle (première passe) avec le participant F | 246 |
| C5. Analyse des entrevues individuelles pour la deuxième passe..... | 248 |
| C6. Évaluation des NDS selon les données de l'entrevue individuelle..... | 249 |
| ENTREVUES DE GROUPE | 250 |
| D.1 MSDP simplifié | 251 |
| D.2 Grille d'évaluation des NDS pour les entrevues de groupe..... | 252 |
| QUESTIONNAIRES..... | 254 |
| E.1 Pilotage du Questionnaire Q1 | 254 |
| E.2 Pilotage du Questionnaire Q2 | 256 |
| E.3 Questionnaire final..... | 258 |
| E.4 Analyse des réponses au questionnaire Q1 pour le participant C | 260 |
| E.5 Analyse de l'ensemble des réponses, par question, pour le questionnaire Q1..... | 261 |
| E.6 Calcul des poids attribués aux activités de DP du questionnaire Q2 pour le participant R | 262 |
| E.7. Évaluation des NDS relatifs aux réponses au questionnaire Q2 | 263 |
| E.8 Analyse des réponses au questionnaire final..... | 264 |
| CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES..... | 267 |
| JOURNAL CHRONOLOGIQUE DES ÉVÉNEMENTS..... | 272 |
| G.1 Extrait du journal chronologique des événements..... | 273 |
| G.2 Grille d'évaluation des NDS pour le JCÉ..... | 274 |
| G.3 Extrait de l'analyse du journal chronologique des événements..... | 276 |
| ACTIVITÉ DE GÉNÉRATION DE CONCEPTS | 277 |
| H.1 Présentation de la méthodologie de génération de concepts | 277 |
| H.2 Déroulement de l'atelier de génération de concepts..... | 279 |
| SIMULATION DU MSDC | 282 |
| I.1 Distributions de probabilité et algorithme de Monte Carlo..... | 282 |
| LISTE DES RÉFÉRENCES..... | 290 |

LISTE DE FIGURES

| | |
|---|-----|
| Figure 2.1 Relations entre diverses activités d'une organisation innovante | 17 |
| Figure 2.2 Le DP vue en deux blocs principaux | 20 |
| Figure 2.3 Phases typiques du développement de produits..... | 21 |
| Figure 3.1 Le développement de produits en phases rudimentaires | 80 |
| Figure 3.3 Archétype de neuvième niveau de complexification du DP | 88 |
| Figure 3.4 Première version du MSDP | 91 |
| Figure 3.5 Deuxième version du MSDP | 94 |
| Figure 3.6 Extrait du HAZOP appliqué pour l'analyse du MSDP..... | 96 |
| Figure 3.7 Modèle du système de <i>Stage-Gate</i> de Cooper [Cooper, 2009]..... | 107 |
| Figure 3.8 Modèle du processus d'innovation de Coates [Coates, 2009]..... | 108 |
| Figure 3.9 Modèle de Verganti du cycle de vie du produit [Verganti, 1997]..... | 111 |
| Figure 3.10 Modèle de Roulet du processus d'innovation technologique [Roulet, 2006]..... | 112 |
| Figure 4.1 Processus de collecte de données et de mise en œuvre du MSDP..... | 134 |
| Figure 5.1 Aperçu temporel des événements avec les participants..... | 144 |
| Figure 5.2 Vacillations du NDS dans le temps | 149 |
| Figure 5.3 Distribution uniforme du résultat d'un instrument de mesure du NDS..... | 151 |
| Figure 5.4 Distributions de probabilités triangulaires pour le calcul de l'élévation du NDS . | 154 |
| Figure 5.5 Graphes à barres données brutes - NDS des participants A à H..... | 172 |
| Figure 5.6 Graphes à barres données brutes - NDS des participants I à P | 173 |
| Figure 5.7 Graphes à barres données brutes - NDS des participants Q à U..... | 174 |
| Tableau 5.9 Mesure de l'élévation sur une base statistique des NDS des participants..... | 175 |
| Figure 6.1 Modèle systémique du développement de concepts | 187 |
| Figure C.1 Extrait du chiffrier d'analyse des EI (1 ^{ère} passe)..... | 246 |
| Figure C.1 (suite) Extrait du chiffrier d'analyse des EI (1 ^{ère} passe)..... | 247 |
| Figure C.2 Extrait du chiffrier d'analyse des EI pour la deuxième passe..... | 248 |
| Figure D.2 Modèle systémique de développement de produits simplifié..... | 251 |
| Figure E.1 Questionnaire 1..... | 255 |
| Figure E.2 Questionnaire 2..... | 257 |
| Figure E.3 Questionnaire final | 259 |

| | |
|--|-----|
| Figure E.4 Grille d'évaluation du nds_{moy} - Participant C - Questionnaire Q1 | 260 |
| Figure E.5 Grille d'analyse par question pour le Questionnaire Q1 | 261 |
| Figure E.6 Grille de calcul des poids attribués aux activités de DP du questionnaire Q2 | 262 |
| Figure E.7 Extrait de la grille d'analyse – Questionnaire QF - Participants E, L et P | 266 |
| Figure G.1 Extrait du JCE utilisé pour la détermination de NDS | 276 |
| Figure H.1 Constitution d'équipes de conception de profils différents..... | 278 |
| Figure I.1 Distribution de probabilité de la performance de concepteurs | 283 |
| Figure I.2 Dist. de prob. de la performance des décideurs dans la sélection des concepteurs | 284 |
| Figure I.3 Dist. de prob. de la performance des décideurs dans la sélection des concepts | 285 |
| Figure I.4 Algorithme simplifié de la simulation de Monte Carlo | 286 |
| Figure I.4 (suite) Algorithme simplifié de la simulation de Monte Carlo..... | 287 |
| Figure I.5 Graphe des données du tableau 6.1 pour la 1 ^e passe de génération de concepts | 288 |
| Figure I.6 Graphe des données du tableau 6.1 pour la 2 ^e passe de génération de concepts | 288 |
| Figure I.7 Graphe des données du tableau 6.1 pour la 3 ^e passe de génération de concepts | 289 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|-----|
| Tableau 3.1 Canevas du Système Général | 85 |
| Tableau 3.2 Composantes du Système Général « Développement de produits »..... | 86 |
| Tableau 5.1 nds _{moy} des participants selon l’analyse des entrevues individuelles | 158 |
| Tableau 5.2 nds _{moy} des participants selon l’analyse du JCE´ | 160 |
| Tableau 5.3 nds _{moy} des participants selon l’analyse du Questionnaire Q1 | 162 |
| Tableau 5.4 nds _{moy} des participants selon l’analyse du questionnaire Q2 | 164 |
| Tableau 5.5 nds _{moy} des participants selon l’analyse des retranscriptions des EG..... | 165 |
| Tableau 5.6 nds _{moy} des participants selon l’analyse des observations du JCE´ pour EG..... | 166 |
| Tableau 5.7 nds _{moy} des participants selon l’analyse des réponses au questionnaire finale..... | 169 |
| Tableau 5.8 NDS des participants - Données brutes..... | 171 |
| Tableau 5.9 Mesure de l’élévation sur une base statistique des NDS des participants..... | 175 |
| Tableau 6.1 Résultats de la 1 ^{re} simulation de Monte Carlo..... | 198 |
| Tableau 6.2 Résultats de la 2 ^e simulation de Monte Carlo | 200 |
| Tableau 6.3 Résultats de la 3 ^e simulation de Monte Carlo | 201 |
| Tableau 6.4 Résultats de la 4 ^e simulation de Monte Carlo | 202 |
| Tableau 6.5 Résultats de la 5 ^e simulation de Monte Carlo | 203 |
| Tableau 6.6 Résultats de la 6 ^e simulation de Monte Carlo | 205 |
| Tableau A.1 Hiérarchisation des besoins | 232 |
| Tableau A.2 QFD - Maison 1 | 233 |
| Tableau A.3 QFD - Maison 2..... | 234 |
| Tableau A.4 Grille HAZOP - Analyse du MSDP– « Réservoir de concepts »..... | 235 |
| Tableau A.4 (Suite) Grille HAZOP - Analyse du MSDP– « Développement de concepts ». | 236 |
| Tableau B.1 Description des participants à la recherche | 238 |
| Tableau C.1 Codification selon la catégorie [Vandenbosh <i>et al.</i> , 2006]..... | 240 |
| Tableau C.1 (suite) Codification selon la catégorie [Vandenbosh <i>et al.</i> , 2006] | 241 |
| Tableau C.1 (suite) Codification selon la catégorie [Vandenbosh <i>et al.</i> , 2006] | 242 |
| Tableau C.2 Étiquettes associées aux archétypes [Vandenbosh <i>et al.</i> , 2006]..... | 243 |
| Tableau C.3 Relation entre l’archétype et le nds _{moy} | 249 |
| Tableau D.1 Indicateurs de NDS pour l’analyse des entrevues de groupe | 252 |
| Tableau D.1 (suite) Indicateurs de NDS pour l’analyse des entrevues de groupe | 253 |

| | |
|---|-----|
| Tableau E.1 Position hiérarchique du DC selon Q2 et le nds_{moy} correspondant | 263 |
| Tableau E.2 Grille d'évaluation du nds_{moy} pour l'analyse du questionnaire final..... | 264 |
| Tableau E.2 (Suite) Grille d'évaluation du nds_{moy} pour l'analyse du questionnaire final..... | 265 |
| Tableau G.1 Extrait du JCE numérisé | 273 |
| Tableau G.2 Indicateurs de NDS pour l'analyse des observations du JCE..... | 274 |
| Tableau G.2 (Suite) Indicateurs de NDS pour l'analyse des observations du JCE | 275 |

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

1.1 Mise en contexte et problématique

Le secteur manufacturier joue un rôle névralgique dans l'économie québécoise mais il faisait face en 2007 à une conjoncture défavorable due à la mondialisation des marchés, à la hausse rapide du dollar canadien et celle du prix du pétrole [Québec, 2007]. Or, l'innovation représenterait la voie la plus sûre pour la survivance de l'entreprise sous les pressions d'un marché extrêmement compétitif [Morris, 2006]. Elle serait d'ailleurs une fonction fondamentale de l'entreprise privée. L'entreprise « doit procurer des produits meilleurs et moins chers. L'entreprise n'est pas obligée de grossir, mais elle doit constamment s'améliorer » [Drucker, 2006]. Pour la survie du secteur manufacturier et le soutien de l'économie québécoise, les entreprises manufacturières devraient donc innover afin d'affronter ce marché en constante évolution, augmenter leurs marges de profitabilité et assurer leur pérennité. Mais convertir une entreprise manufacturière en organisation innovante (OI) constitue un projet ambitieux et de grande envergure. En effet, une OI vise constamment l'innovation, non seulement dans le développement de produits et des services mais aussi dans ses opérations, son approche organisationnelle et ses modèles d'entreprise [Holder, 1989; Barcelo, 2007].

La présente recherche limite sa portée à l'innovation continue¹ de produits liée au domaine du développement de produits (DP), un système qui se retrouve habituellement au sein des entreprises manufacturières lesquelles pourraient commercialiser ses propres produits ou travailler sur une base d'appel d'offre² et regroupant un ensemble d'activités et d'acteurs, dont

¹ Percevant l'innovation de produits sur un continuum, de l'innovation continue à l'innovation radicale, les phases initiales du DP seraient ainsi plus ou moins « sollicitées » selon le type d'innovation comme il sera discuté plus loin dans la thèse.

² Une entreprise œuvrant sur une base d'appel d'offre représente une situation plus contraignante pour l'innovation de produits puisque plusieurs aspects du design sont déjà préétablis par le client. Cependant, cette situation n'exclue pas la possibilité d'innover le produit. Par ailleurs, une entreprise de génie-conseil en DP concevant des produits pour une entreprise cliente pourrait quant à elle se retrouver dans les deux situations

d'importants contributeurs sont les ingénieurs. Espérer créer une organisation innovante avec une entreprise manufacturière œuvrant en DP signifie donc intervenir, un jour ou l'autre, dans le système de DP. Le défi est d'identifier quelles activités du DP cibler, qui impliquer, et comment parvenir à améliorer la performance en DP dans la finalité de concevoir à plus ou moins long terme une OI.

La littérature est éloquente à l'égard de l'impact des activités préliminaires du DP sur sa performance. C'est à ce niveau que se situerait le plus grand potentiel d'amélioration, mais le défi est colossal [Ward *et al.*, 1995; Verganti, 1997; Koen *et al.*, 2001; Liu et Bligh, 2003; Jetter, 2003; Cockayne, 2004; Dehez, 2004; Scaravetti, 2004; Kamrani et Vijayan, 2005; William *et al.*, 2006; Akay, 2007; Saint-Pierre, 2007; Bélanger, 2008a; Lin, 2008; Coates, 2009]. Ces activités regroupent les études préliminaires et conceptuelles du DP dont l'aboutissement constitue le concept de produit. Elles seront identifiées dans le cadre de ce travail de recherche par l'appellation « Développement de concepts » (DC).

Les recherches citées précédemment, tout en reconnaissant l'importance et l'impact du DC dans le processus de DP et le défi qu'il représente, ont contribué à préciser, à rendre plus « exacte » cette phase du DP au visage flou, en proposant des approches, des méthodologies, des outils, en espérant augmenter l'efficacité des acteurs du DC. Les chercheurs considéraient les acteurs du DC mal outillés, ce qui expliquerait, du moins en partie, les difficultés à performer en DC. Ces chercheurs seraient de ces faits convaincus de l'importance du DC et du potentiel d'amélioration qu'il enferme, mais qu'en est-il des acteurs du DP en entreprise? Ont-ils une compréhension suffisante du DC et de son apport à la performance globale du DP? Y consentent-ils les efforts nécessaires? Cherchent-ils à s'améliorer continuellement? Sont-ils enclins à utiliser de nouveaux outils méthodologiques de conception? Comment les en convaincre? Ces questions réfèrent à des sujets peu couverts par les chercheurs du domaine du DP.

mentionnées. Elle aura toutefois à composer avec deux niveaux de clients : le client pour laquelle elle reçoit une rétribution et le client acheteur du produit.

Assez intéressamment, la transposition des résultats de recherche issus d'un article dans le domaine ferroviaire et basé sur la théorie du *sensemaking*³, par Busby et Hibberd [Busby et Hibberd, 2004], porte à croire que des acteurs du DP, habitués à faire de la conception avec une connaissance « incomplète » et selon « leur propre processus », ne rechercheraient pas nécessairement d'autres outils de conception pouvant combler cette lacune. Tout indique donc que ces acteurs agiraient en DC en prétextant simplement qu'ils en connaissent assez sur le sujet, et ce, sans remettre en question leur performance ni percevoir les difficultés potentielles du DC.

Comme indiqué précédemment, de nombreux chercheurs sont convaincus de l'importance du DC et de sa difficulté. En réponse à cela, ils auraient proposé des outils aux praticiens du DP sans apparemment soupçonner que ces derniers pourraient ne pas reconnaître cette importance et ces difficultés associées au DC et qu'ils ne seraient donc pas enclins à utiliser ces nouveaux outils. La théorie du *sensemaking* laisse croire de façon plausible qu'en élevant le niveau de sens⁴ (NDS) accordé au DC par les acteurs du DP, il serait possible d'augmenter leur engagement envers le DC et leur ouverture à essayer de nouveaux outils de conception, se traduisant potentiellement par une amélioration de leur performance en DC. À ce moment, quel moyen pourrait être utilisé pour permettre l'élévation du NDS que les acteurs du DP accordent au DC? Pour trouver réponse à cette question, deux théories offrent des avenues intéressantes : la théorie sociale de l'apprentissage de Wenger et la systémique.

La théorie sociale de l'apprentissage de Wenger, chercheur s'étant particulièrement intéressé aux communautés de praticiens (CdP), prétend que la qualité de l'apprentissage repose entre autres sur la qualité du processus de négociation⁵ de sens [Wenger, 2007]. Cette négociation impliquerait deux éléments essentiels pour élever le NDS accordé au DC par les acteurs du DP : un artéfact réifiant⁶ le DC ainsi qu'un processus interactif favorisant la participation des

³ Le *sensemaking* sera défini plus loin au chapitre 2.

⁴ Le « sens » constitue une finalité pour l'individu et « une condition de son engagement dans l'action collective » [Autissier et Wacheux; 2007]. « C'est le *sens* qui est la source d'inspiration » [Cholle, 2007].

⁵ Le concept de négociation suggère un accomplissement personnel, requérant une attention et un réajustement soutenus à l'image de la « négociation d'une courbe serrée » en conduite automobile [Wenger, 2007].

⁶ La réification réfère au processus donnant une forme aux expériences en produisant des objets « concrétisant » ces expériences [Wenger, 2007].

acteurs du DP. Par ailleurs, l'artéfact devrait lui-même être porteur de sens. Mais à quoi pourraient ressembler cette réification et cette participation? À cet effet, la systémique pourrait être utilisée pour créer l'artéfact en question et stimuler la participation des acteurs du DP.

La systémique est considérée comme une méthode spécifique d'étude des systèmes [Durant, 2006], comme la science des systèmes [Le Moigne, 1999]. La modélisation systémique, c.-à-d. la méthodologie générale de la systémique, est utile pour comprendre un phénomène complexe, le rendre intelligible, lui donner du sens, et pour agir sur lui selon la finalité du modélisateur. Incidemment, si un modèle systémique du DP (MSDP) était construit en veillant à y intégrer le DC, le DP étant assimilé à un système complexe, ce modèle pourrait possiblement agir d'artéfact de réification. La mise en œuvre par la suite de ce MSDP auprès des acteurs du DP impliquerait la participation de ces acteurs dans ledit processus de négociation de sens. Cela fait l'objet de la présente recherche.

1.2 Définition du problème de recherche

La problématique a mis en exergue le fait que plusieurs chercheurs aient adressé le problème associé au DC, qu'ils considéraient d'ailleurs comme difficile mais pourvu d'un fort potentiel d'amélioration, en proposant divers outils de conception aux praticiens. Or, ces chercheurs ne se seraient pas interrogés sur la possibilité que les acteurs du DP⁷, c.-à-d. les ingénieurs, techniciens, employés de production, acheteurs, gestionnaires, inspecteurs en assurance qualité, consultants, etc., puissent ne pas reconnaître l'importance du DC, ni le levier d'amélioration qu'il renfermerait et qu'en cela, ils ne seraient pas disposés à s'approprier de nouveaux outils de conception ni de s'investir davantage en DC. La présente recherche propose de combler cette lacune, en développant puis utilisant un modèle systémique du DP comme artéfact de réification du DC, dans une séance encourageant la participation des acteurs du DP de manière à élever le NDS qu'ils accordent au DC. Plus ce NDS serait élevé,

⁷ Un acteur du DP est une personne jouant un rôle effectif dans la performance du DP. Il est évidemment plus facile de reconnaître l'importance d'un ingénieur et d'un technicien comme acteur du DP puisqu'ils sont habituellement impliqués directement. Or, même un employé de production ou un inspecteur en assurance qualité peut contribuer au DP par sa participation au DC et le feedback qu'il saura transmettre aux équipes de DP. Même les membres de la haute direction pourraient être considérés comme des acteurs du DP dans certaines circonstances comme il sera discuté plus loin dans la thèse. À cet égard, ils pourraient être perçus comme des acteurs « périphériques ».

plus l'engagement des acteurs envers le DC s'accroîtrait de sorte que ces acteurs pourraient être plus susceptibles de fournir des efforts en DC et d'utiliser des outils de conception qu'ils jugeraient désormais utiles. Un engagement plus grand des acteurs du DP à performer en DC laisse présager une ouverture plus grande à s'approprier les outils de conception, une augmentation de la propension à innover et une meilleure performance globale en DP étant donné les liens qui unissent le DC au DP.

1.3 Question et objectifs du projet de recherche

Le projet de recherche, tel que décrit dans la section précédente, sous-tend deux hypothèses:

- PREMIÈRE HYPOTHÈSE: basée sur la théorie du *sensemaking*, élever le NDS accordé au DC par les acteurs du DP contribuerait à une amélioration de leur performance en DC;
- DEUXIÈME HYPOTHÈSE: basée sur la théorie sociale de l'apprentissage de Wenger, élever le NDS que les acteurs du DP accordent au DC pourrait s'accomplir au moyen d'un artefact de réification prenant la forme d'un modèle systémique de développement de produits (MSDP), car un tel modèle permettrait de réifier le DP et le DC, et serait utilisé dans une séance de création de sens faisant participer les acteurs du DP de manière à les emmener à « négocier » le sens du DC.

La question de recherche se dégageant de ces hypothèses se formule comme suit :

Est-ce qu'un modèle systémique du développement de produits mis en œuvre auprès des acteurs du développement de produits dans un processus participatif contribue à élever le niveau de sens qu'ils accordent au développement de concepts et donc possiblement à améliorer leur performance en développements de concepts?

La réponse recherchée, au-delà d'une affirmation ou d'une infirmation à la question, repose sur une série d'activités de recherche, lesquelles apportent des nuances et un approfondissement des connaissances relatives du DC. Ces activités sont en plus menées dans le but éventuel d'opérationnaliser les solutions auprès des praticiens du DP afin qu'ultimement, ils améliorent leurs performances. Conséquemment, les différents objectifs de recherche se présentent ainsi :

- 1. Mieux comprendre pourquoi le DC pourrait n'être pas reconnu comme si important et difficile par les acteurs du DP;**
- 2. Élaborer et documenter la démarche de modélisation systémique du DP afin d'en permettre la reproduction;**
- 3. Étudier et valider théoriquement le MSDP par comparaison aux représentations existantes dans la littérature et aux théories et principes reconnus du domaine du DP;**
- 4. Valider le MSDP auprès des acteurs du DP;**
- 5. Développer et expérimenter une démarche permettant de présenter, d'utiliser et de faire évoluer le MSDP auprès d'une équipe d'acteurs de DP pour réifier le sens du DC et le faire comprendre;**
- 6. Connaître ce que le MSDP a pu susciter ou produire chez les acteurs du DP, au-delà du sens mentionné.**

1.4 Contributions originales

Les travaux de recherche ont conduit à une meilleure compréhension du DC en l'examinant sous plusieurs angles. Ils ont contribué à appuyer la thèse de plusieurs chercheurs à l'effet que le DC renferme un grand potentiel pour l'amélioration du DP. Ils ont de plus montré la difficulté inhérente au réveil de ce potentiel en usant notamment de théories issues de la psychologie, des sciences cognitives, des sciences de la gestion et des sciences de la conception.

La recherche a mené également à l'édification de différents outils utiles pour les praticiens du DP, dont le but ultime demeure l'amélioration de la performance globale du DP. Le MSDP particulièrement, constituant en soi un résultat de la présente recherche, s'est avéré un instrument d'une certaine efficacité pour élever le NDS que les acteurs accordent au DC au moyen d'une séance de groupe, mettant en interaction des acteurs du DP. Ce type de séance, prenant la forme d'une entrevue de groupe animée par un facilitateur, représente elle-même une autre contribution. Il s'agit de fait d'une méthodologie de création de sens.

Enfin, l'échelle de NDS et les méthodes pour le mesurer constituent des tributs de la présente recherche. Le NDS est considéré comme un indicateur contribuant à l'identification des

acteurs les plus enclins à s'investir dans le DC et à la sélection des meilleurs gestionnaires de DP.

1.5 Plan de la thèse

Après avoir introduit la problématique, la définition du problème de recherche, la question et les objectifs de recherche, les chapitres suivants présentent dans les détails, les activités de recherche.

Le chapitre 2 - L'état de l'art - débute par la description d'une organisation innovante. Par la suite, le développement de produits, l'innovation de produits, la recherche et le développement, le développement de concepts et la génération de concepts sont introduits progressivement, en montrant comment chacun de ces éléments de la problématique de recherche, s'intègre à la notion d'organisation innovante. Le problème adressé par cette recherche y est cerné et identifié. Tout au long du chapitre, les principales théories utilisées pour expliquer le problème de recherche et appuyer la solution à ce problème sont exposées.

Le chapitre 3 - Modélisation systémique du développement de produits - est dédié à la construction du MSDP au sein duquel le DC s'incorpore. Les notions relatives à la systémique y sont introduites. Le MSDP y est validé théoriquement.

Le chapitre 4 - Méthodologie de la recherche sur le terrain - se consacre à la description du terrain de recherche, aux méthodologies utilisées dans le cadre de la portion empirique de la recherche, aux instruments de constitution des données, aux méthodes d'analyse des données constituées et finalement, aux considérations éthiques.

Le chapitre 5 - Observations et expérimentations sur le terrain - consacre une première section sur l'expérimentation associée au NDS accordé au DC par les acteurs du DP dans le but d'apporter une réponse à la question de recherche. La section subséquente concerne la validation du MSDP auprès des acteurs du DP participant à la recherche. Puis, les observations relatives à une méthodologie de génération de concepts (GC) expérimentée sur le terrain sont présentées. Enfin, une synthèse des résultats obtenus est offerte.

Le chapitre 6 – Simulateurs du développement de concepts comme leviers d’engagement – se consacre au modèle systémique du développement de concepts (MSDC) qui est d’abord développé puis exposé en montrant son appartenance au MSDP. Des modèles mathématiques nécessaires à la réalisation d’un simulateur sont ensuite développés. Un simulateur basé sur la *simulation de Monte Carlo* est construit et des résultats sont présentés. La réalisation d’un autre type de simulateur reposant sur la *dynamique des systèmes* est proposée sans toutefois exposer de résultats. Les exercices de simulation se veulent exploratoires, dans le prolongement de la présente recherche. Les simulateurs du DC se présentent comme des suppléants potentiels au MSDP pour l’élévation du NDS.

Le chapitre 7 - Conclusion – reprend les résultats de la recherche qui font l’objet d’une synthèse et d’une interprétation unifiée. Ces travaux de recherche sont mis en référence à la question et aux objectifs de recherche. Puis, les contributions scientifiques originales sont présentées. Finalement, de nouvelles perspectives de recherche sont proposées.

CHAPITRE 2

ÉTAT DE L'ART

Ce chapitre débute par la description d'une organisation innovante. Une telle organisation assemble les conditions favorisant sa pérennité et constitue de ce fait une situation organisationnelle visée par plusieurs entreprises. Par la suite, le développement de produits, l'innovation de produits, la recherche et le développement, le développement de concepts et la génération de concepts sont introduits progressivement, en montrant comment chacun de ces éléments de la problématique de recherche, s'intègre au concept d'organisation innovante. Le problème adressé par cette recherche est ainsi cerné et identifié. Les principales théories utilisées pour appuyer la solution au problème de recherche sont dévoilées tout au long de l'exposé.

2.1 L'organisation innovante

2.1.1 Pourquoi innover?

Pour Morris, l'innovation représente la voie la plus sûre pour la survivance de l'entreprise sous les pressions d'un marché extrêmement compétitif [Morris, 2006]. Pour Drucker, elle est une fonction fondamentale de l'entreprise privée. L'entreprise « doit procurer des produits meilleurs et moins chers. L'entreprise n'est pas obligée de grossir, mais elle doit constamment s'améliorer » [Drucker, 2006].

Par ailleurs, comme le secteur manufacturier joue un rôle névralgique dans l'économie québécoise et qu'il faisait face en 2007 à une conjoncture défavorable due à la mondialisation des marchés, à la hausse rapide du dollar canadien et celle du prix du pétrole, le Gouvernement du Québec a mis en place un plan d'action en sa faveur. Il fallait tirer avantage de la recherche et de l'innovation, celles-ci étant utilisées comme moyens d'investir dans la maîtrise de l'avenir du secteur manufacturier [Québec, 2007].

Une entreprise innove donc pour affronter un marché en constante évolution, augmenter ses marges de profitabilité et assurer sa pérennité.

2.1.2 Caractéristiques de l'organisation innovante

Les organisations innovantes visent constamment l'innovation, non seulement dans le développement de produits et des services, mais aussi dans ses opérations, son approche organisationnelle et ses modèles d'entreprise [Holder, 1989; Barcelo, 2007]. Elles sont concernées autant par le développement de l'entreprise que par l'éco système mondial [Holder, 1989]. Elles seraient donc animées par une éthique à la lumière des propos de Guntern précisant à cet égard que « dans un monde comparable à un vaste réseau planétaire dont les éléments sont interconnectés, celui qui met à profit l'ensemble du réseau et ne met en péril aucun de ses comportements structurels ni de ses sous-systèmes fonctionnels se comporte correctement sur le plan éthique » [Guntern, 2001].

Les organisations innovantes sont très sensibles à « l'environnement commercial et social dans lequel elles évoluent. Elles pratiquent une vigie commerciale et technologique constante, multiplient les liens avec les clients, les fournisseurs et les différents intermédiaires du marché » [Barcelo, 2007].

L'organisation innovante s'efforce d'intégrer, suivant une approche humaine, les individus aux technologies. Le lieu de travail est un endroit d'apprentissage, de développement et de signification [Holder, 1989]. Le droit à l'erreur est reconnu et il est utilisé comme moyen d'apprentissage. Les relations hiérarchiques sont légères, n'étouffent pas les employés et elles favorisent l'initiative [Barcelo, 2007]. D'ailleurs, la notion d'organisation hiérarchique est peut-être un concept démodé, un relent de l'économie industrielle des cent dernières années [Berger, 2007]. Aussi, les organisations innovantes détiennent une grande capacité à attirer les bons employés [Barcelo, 2007].

2.1.3 La culture de l'innovation

Dans une organisation innovante, l'innovation est un mode de vie [Holder, 1989]. Elle fait partie de l'ADN de la haute direction [Barcelo, 2007]. Bref, une culture de l'innovation est au

cœur d'une organisation innovante. D'ailleurs, cette culture est une condition fondamentale [Abbott, 2005; Merrifield, 2006; Cooper, 2005] et plusieurs entreprises cherchent à l'établir de façon durable [Visser et Ratcliffe, 2008].

La difficulté de créer une culture de l'innovation est manifeste selon Morris. Pour ce chercheur, cette culture ne s'observerait d'ailleurs pas si fréquemment dans les organisations d'aujourd'hui. Une raison majeure à cet égard serait que les caractéristiques nécessaires pour instaurer une telle culture ne sont pas reconnues. Les entreprises aiment la stabilité et la prévisibilité parce que ces facteurs facilitent la profitabilité. L'innovation, par contre, suppose l'adaptation et le changement, lesquels s'avèrent difficiles à supporter et desquels il est difficile de tirer profit *a priori*. Les entreprises semblent adorer la répétition parce qu'elle suggère l'évolution des affaires mais l'innovation concerne la nouveauté et l'imprévu [Morris, 2007]. Martin, défenseur du *design thinking*, affirme d'ailleurs que les entreprises devraient constater qu'elles favorisent l'exploitation au détriment de l'exploration en préférant la *fiabilité* à la *validité*. Pour cet universitaire, le but de la *fiabilité* est de produire des résultats cohérents et prédictibles alors que celui de la *validité* est d'obtenir des résultats qui rencontrent l'objectif désiré. Le chercheur prône de fait un équilibre entre ces deux modes de pensée [Martin, 2009]. Dans le même ordre d'idées, Senge mentionne que les innovateurs dont l'intention est de bâtir une culture de l'apprentissage et d'ouverture, ont l'impression de vivre dans deux mondes de culture différente : un monde ouvert et orienté vers l'apprentissage de l'équipe (ou de l'organisation) qu'ils sont en train de développer et un monde plus traditionnel rattaché au courant de pensée majoritaire régnant dans l'organisation. Senge suggère alors aux leaders d'être « biculturels », c.-à-d. d'aller et venir de façon effective entre ces deux mondes, en respectant les règles de base respectives [Senge, 2006].

Selon Morris, la culture de l'innovation s'exprime quand tous agissent en génie créatif et voient des perspectives d'innovation dans le développement d'idées, quand les champions de l'innovation aident les individus créatifs à abattre les obstacles gênant leurs efforts, quand les leaders de l'innovation influencent le cœur des structures et les opérations de base de l'organisation et ce, en supportant l'innovation avec détermination [Morris, 2007].

La notion de travail d'équipe multidisciplinaire⁸ serait importante [Cooper, 2005]. Elle formerait le cœur du processus d'innovation car la créativité requiert une fusion de la connaissance et des expertises complémentaires [Visser et Ratcliffe, 2008]. La culture de l'innovation devrait donc s'y incarner. L'innovation survient à l'intersection de différents domaines ou sphères d'activités. La création de connaissances et l'innovation se produisent à l'interface des disciplines [Berger, 2007]. Paradoxalement toutefois pour Moles, la multidisciplinarité n'existerait vraiment qu'à l'intérieur du cerveau d'un même individu et ce, parce que le langage utilisé dans les différentes spécialités diffère et génère une certaine incompréhension [Moles, 1995]. En fait, ce que Moles paraît vouloir signifier est que le fonctionnement de l'équipe multidisciplinaire repose sur des individus aux esprits préparés, au cœur desquels la « multidisciplinarité » s'opérationnalise. Moles ajoute d'ailleurs « [...] qu'il n'est pas si facile d'être interdisciplinaire⁹, car il faut adopter intimement et sans erreur un autre langage » [Moles, 1995].

Les leaders des organisations innovantes encouragent un niveau élevé d'initiative individuelle. Ils font la promotion du travail d'équipe multidisciplinaire et de la collaboration pour assurer que les meilleures pratiques d'innovation se répandent dans toute l'organisation [Anonyme, 2005]. Senge prône d'ailleurs la formation d'équipes apprenantes qu'il considère comme une des cinq disciplines menant à la constitution d'une organisation apprenante, une organisation cherchant continuellement à augmenter sa capacité à créer son futur [Senge, 2006] et qui partage, pour le moins, beaucoup de similitudes avec une organisation innovante. Une telle équipe favorise la conversation entre les membres dans un esprit de coopération de telle manière que l'intelligence de l'équipe puisse s'avérer plus élevée que celle des individus qui la composent. Le dialogue y est utilisé pour l'exploration des problèmes complexes alors que la

⁸ *Multidisciplinaire* est synonyme de *pluridisciplinaire*: « Qui concerne quelques disciplines plus ou moins voisines ou quelques spécialités distinctes qui sont exploitées parallèlement, sans lien nécessaire entre elles. » [Québec. Office québécois de la langue française (2009). Définition de Multidisciplinaire. In Le grand dictionnaire terminologique, [En ligne]. <http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/Resultat.aspx> (Page consultée le 21 août 2014).

⁹ *Interdisciplinaire*: « Qui concerne l'interaction de deux ou plusieurs disciplines ou spécialités à la fois, organisées en fonction d'un projet à réaliser ou d'un problème à résoudre. » [Québec. Office québécois de la langue française (2009). Définition de Interdisciplinaire. In Le grand dictionnaire terminologique, [En ligne]. http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=21799834 (Page consultée le 21 août 2014).

discussion y est employée pour la prise de décisions [Senge, 2006]. À ces égards, le management a la responsabilité d'éliminer les barrières à la coopération [Deming, 1994].

Est-il possible d'instaurer une culture de l'innovation localement et espérer sa propagation dans toute l'entreprise par la suite? Pour Byrne, Lubowe et Blitz, ils semblent que oui : "*Innovation in one area drives innovation in another*" [Byrne *et al.*, 2007]. Il est même suggéré, pour accélérer l'innovation, de tester de nouveaux modèles d'entreprises dans un environnement plus restreint et plus maîtrisable [Flanagan, 2007]. Landry mentionne d'ailleurs que « l'avenir des organisations passe par le retour aux petites unités pour la simple et bonne raison que dans les unités réduites, les liens qui unissent les gens sont affectifs plutôt que fonctionnels. Ramenons l'entreprise à des dimensions humaines » [Landry, 2002]. Ces petites unités pourraient être vues comme une « porte d'entrée » [Guillet, 2007], « un point d'amplification » [de Rosnay, 1975], un « hub » [Barabási et Bonabeau, 2003], dans le vaste système bouclé que forme l'organisation innovante. En accord avec Bériot, il s'agit de fait d'une approche par essaimage « [...] qui consiste à agir localement pour diffuser ensuite globalement » [Bériot, 2008].

2.1.4 La gestion d'une organisation innovante

Avant d'examiner l'organisation innovante sous l'œil de la gestion, il apparaît approprié d'avoir une idée plus claire de ce que représente la notion de complexité, puisque les gestionnaires y sont particulièrement confrontés. En reprenant quelques définitions de la complexité issues de la littérature, il s'agit ici d'y puiser les notions essentielles. Ainsi, pour Senge, la complexité¹⁰ correspond à une situation où les causes et effets sont subtils et où les effets d'une intervention à travers le temps ne sont pas évidents [Senge, 2006]. Pour sa part, Diebolt, inspiré des travaux de Lapierre et Le Moigne, fournit une définition usuelle de la complexité : « [...] C'est l'imprévisibilité potentielle (non calculable *a priori*) des comportements [d'un] système, [...] suscitant des phénomènes d'émergence certes intelligibles, mais non toujours prévisibles » [Diebolt *et al.*, s.d.]. Enfin, Morin élucide la

¹⁰ Peter Senge utilise le terme *dynamic complexity* en opposition au terme *detail complexity*. Le premier réfère à ce qui est « complexe » telle que défini dans cette thèse alors que le second réfère plutôt ce qui est considéré « compliqué ». Doucet offre une discussion intéressante concernant la distinction entre ces termes [Doucet, 2008].

complexité en la présentant de la manière suivante : « Au premier abord, la complexité est un tissu de constituants hétérogènes inséparablement associés : elle pose le paradoxe de l'un et du multiple. Au second abord, la complexité est effectivement le tissu d'événements, actions, interactions, rétroactions, déterminations, aléas, qui constituent notre monde phénoménal. Mais alors la complexité se présente avec les traits inquiétants de fouillis, de l'inextricable, du désordre, de l'ambiguïté, de l'incertitude [...] » [Morin, 2005]. En somme et essentiellement, la complexité fera référence tout au long de la thèse à la difficulté, voire l'impossibilité, de prédire les comportements d'un phénomène ou d'un système dit complexe. Les comportements de tels systèmes demeurent incertains. Il existe toutefois des approches permettant d'appréhender les systèmes complexes. Il en sera question ultérieurement dans ce chapitre et au chapitre 3.

Les organisations sont des systèmes complexes et l'écologie des interdépendances constituant l'organisation donne lieu à l'émergence d'un comportement systémique non linéaire [Olson, 2006]. Or, comme mentionnée au paragraphe précédent, la complexité implique l'incertitude et cette complexité diminuerait la marge de contrôle des gestionnaires [Kaufman, 2008]. Cela appuierait l'affirmation de Senge selon laquelle la compréhension de la complexité constituerait le réel avantage dans la plupart des situations managériales [Senge, 2006]. Par ailleurs, la conception de l'organisation d'une entreprise représenterait peut-être un de ses outils les plus importants pour la conception et le développement de ses produits. En effet, deux organisations munies de ressources comparables peuvent performer de façon opposée suivant qu'elles aient établi une structure et des liens différents [Olson, 2006]. D'ailleurs, selon plusieurs études, 85% des problèmes organisationnels seraient causés par une conception de l'organisation inappropriée, rendant difficile le travail adéquat des employés [Visser et Ratcliffe, 2008]. Or, selon Sterman, le rôle le plus important des cadres consisterait à concevoir des structures organisationnelles pouvant être gérées adéquatement par du personnel ordinaire [Sterman, 2000]. Pas étonnant donc, selon l'expérience de Deming, que la plupart des troubles et la majorité des possibilités pour leur amélioration appartiendraient au système sous la responsabilité du management, dans une proportion totalisant près de 94% [Deming, 1994]. Les gestionnaires auraient donc un rôle de premier plan dans l'instauration d'une

organisation, de par leur niveau de compréhension de la complexité et de leur habileté à concevoir des organisations appropriées.

Dans la création d'une organisation innovante, les gestionnaires devraient abattre les barrières non seulement entre les individus, entre les individus et les machines et entre les départements mais aussi entre l'organisation et les clients, les fournisseurs et tous les membres de sa communauté [Kaufman, 2008]. En fait, à tous les niveaux de l'organisation, les individus seraient dans la nécessité de prendre un rôle décisionnel simplement parce qu'il ne serait pas possible aux gestionnaires seuls d'anticiper toutes les possibilités auxquelles les individus de l'organisation sont confrontés [Kaufman, 2008]. Selon Berger, il faudrait donc décentraliser les décisions et déléguer les contrôles [Berger, 2007]. Ainsi, pour que le travail s'exécute, tout un chacun devrait penser « à ce qu'il fait » et non pas seulement « à le faire » [Kaufman, 2008].

On croyait traditionnellement que la complexité était mieux gérée par les grandes entreprises avec la capacité de coordonner étroitement chaque élément de la conception et de la production [Bers, 2005]. Cette croyance apparaît d'ailleurs cohérente avec l'assertion de Guntern voulant que les dirigeants actuels entraveraient la créativité en s'accrochant « obstinément à des règles et à des tabous qui paralysent leur esprit au lieu de les faire avancer » [Guntern, 2001]. Or, les communautés de praticiens (CdP) permettraient une capacité d'innovation bien supérieure tel que démontré par les projets en code source libre [Bers, 2005]. Les CdP sont des organisations informelles dans lesquelles l'engagement des participants dans une pratique constitue le processus fondamental d'apprentissage de ces individus. Les membres d'une CdP s'organisent informellement autour d'un domaine les intéressant [Wenger, 2007; Penuel et Roschelle, 1999]. Ils forment une équipe de nature pluridisciplinaire. « Quand il s'agit de mobiliser les capacités humaines, les communautés réussissent mieux que les bureaucraties. [...] Le dévouement et l'engagement résultent du fait que chacun adhère aux buts et aux objectifs du groupe » [Hamel, 2008].

L'exemple d'un industriel cité en 2008 est révélateur. Ainsi, pour faire face à la complexité, Michel Landel, grand patron de Sodexo, une multinationale formée de 350 000 employés

répartis sur 30 000 sites dans 80 pays, ne voit rien d'autre que « fortement décentraliser, lutter sans relâche contre la bureaucratie et surtout obstinément veiller à demeurer proche du client [...] Il faut simplifier à tout prix ». Il considère que « gérer une entreprise, c'est en permanence faire face à des contradictions. Et, pour réussir, il faut se montrer intransigeant sur le terrain de la cohérence et du sens. » Ces deux derniers éléments lui semblent essentiels en management [Jasor, 2008].

Incidentement, une organisation innovante est éminemment complexe et elle ferait appel à des gestionnaires, capables d'affronter la complexité, habiles à concevoir des structures organisationnelles performantes à l'image des CdP, aptes à déléguer le contrôle et doués pour susciter l'engagement des individus en gérant de façon cohérente et en donnant du sens au travail de chaque individu.

2.1.5 La création d'une organisation innovante en bref

Ainsi donc, pour envisager la création d'une organisation innovante, il faudrait en premier lieu instaurer une culture de l'innovation. Celle-ci s'établirait d'abord à l'intérieur d'une unité restreinte et par l'effet de levier, se propagerait dans toute l'entreprise avec le support des leaders de l'innovation de la haute direction. L'unité restreinte serait composée d'une équipe multidisciplinaire, œuvrant en « communauté », formée de génies créatifs, organisée adéquatement (processus appropriés) et supportée par des champions de l'innovation (management). L'équipe serait gérée par un manager capable de concevoir une organisation efficace et apte à composer avec la complexité inhérente au phénomène de l'innovation.

Le projet de création d'une organisation innovante est certes ambitieux et de grande envergure. Bien que l'approche par essaimage représente une avenue intéressante pour commencer la transformation et que certains principes aient été identifiés, des questions demeurent, à savoir où intervenir dans le système et qui impliquer, par exemple.

La présente recherche limite sa portée au domaine du développement de produits (DP), un système regroupant un ensemble d'activités et d'acteurs, dont d'importants contributeurs sont les ingénieurs. Espérer créer une organisation innovante avec une entreprise œuvrant en DP

signifie donc intervenir, un jour ou l'autre, dans le système de DP. La prochaine section est dédiée à la description du DP et de ses composantes. Le défi est d'identifier quelles activités du DP cibler, qui impliquer, et comment parvenir à améliorer la performance en DP dans la finalité de concevoir une organisation innovante (OI).

2.2 Le développement de produits (DP)

2.2.1 Définition et description générale du DP

Le DP est « [...] un processus qui englobe toute l'innovation industrielle, c'est-à-dire l'innovation technologique de produits (mise au point et commercialisation de produits nouveaux, améliorés ou plus performants) et l'innovation technologique de procédés (mise au point et/ou adoption de méthodes de production ou de distribution nouvelles ou améliorées de façon significative) [...] Le développement de produits est une démarche complexe, qui comporte de multiples facettes et de nombreuses activités, allant de la génération de nouvelles idées à l'élaboration de stratégies commerciales, en passant par la réalisation d'activités de R-D et l'adaptation des outils de production » [Riopel *et al.*, 2004].

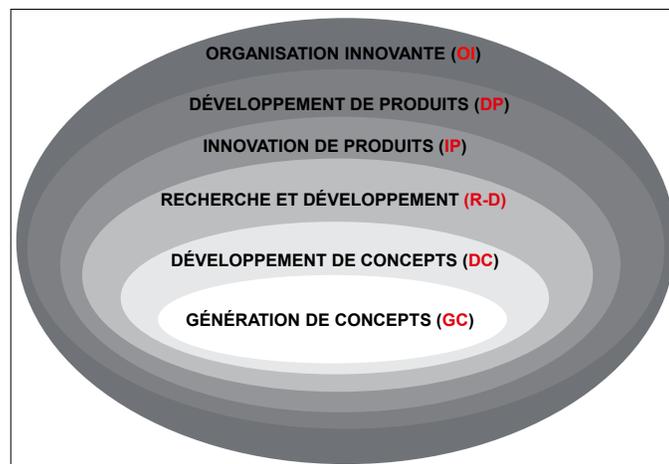


Figure 2.1 Relations entre diverses activités d'une organisation innovante

L'innovation de produits (IP) inclut les activités de recherche et développement expérimental (R-D) dans un contexte industriel [Tanaka *et al.*, 2005]. Or, le développement de concepts (DC) forme une composante du DP, duquel la R-D et conséquemment l'IP prennent origine [Koen *et al.*, 2001; Saint-Pierre, 2007]. De plus, le DC renferme plusieurs types d'activités,

dont la génération de concepts (GC). Le diagramme de Venn de la figure 2.1 illustre comment le DP, l'IP, la R-D, le DC et la GC s'intègrent au sein d'une OI. Le diagramme n'est évidemment pas exhaustif en ne reflétant que les activités particulièrement considérées par la présente recherche. Il est intéressant de remarquer néanmoins que la GC fait figure de noyau au sein de l'OI à la manière d'un grain au centre d'un fruit. Métaphoriquement, la GC serait une source de régénération de l'organisation. On fait référence au développement d'un nouveau produit issu d'un nouveau concept qui aurait pour effet de régénérer une entreprise en déclin. La régénération consisterait par exemple à utiliser une nouvelle technologie, de nouvelles connaissances, de nouvelles compétences, de nouveaux procédés de production et même de nouveaux modèles d'entreprise, afin de réaliser le nouveau produit. Plusieurs entreprises n'ont pas su se régénérer aux nouveaux concepts de produits par exemple Kodak avec les caméras numériques et les entreprises de montres suisses avec les montres électroniques.

Dans la présente perspective, l'importance du DC se comprend par son statut de « régénérateur » et la place qu'il occupe au cœur du DP et de l'OI.

2.2.2 L'importance du DP

La compétitivité des entreprises, dans la situation complexe actuelle du marché, est tributaire dans une grande proportion de leurs investissements en conception et développement de produits [Industrie Canada, 2010]. Étant soumises à la concurrence, ces entreprises doivent également agir sur leurs propres coûts [Gamache, 2005]. Elles doivent donc être productives. Or, « [le DP] constitue un moyen pour l'entreprise d'accroître sa productivité¹¹ et de se positionner de manière stratégique sur les marchés » [Riopel *et al.*, 2004]. En sommes, le DP représente un outil de compétitivité, de productivité et de positionnement stratégique.

Tel que mentionné dans la section 2.1 précédemment, espérer créer une OI dans le domaine du DP passe nécessairement par l'instauration d'une culture de l'innovation. Or, vu l'importance

¹¹ « De façon générale, la productivité est définie comme le rapport entre la production d'un bien ou d'un service et l'ensemble des intrants nécessaires pour le produire. Elle constitue, en fait, une mesure de l'efficacité avec laquelle une économie met à profit les ressources dont elle dispose pour fabriquer des biens ou offrir des services » [Gamache, 2005].

attribuée au DP sur la performance de l'entreprise, cette culture de l'innovation devrait s'incarner au sein même du DP.

La conception et le développement de produits sont de plus un domaine exigeant [Industrie Canada, 2010]. Un des principaux défis se situe dans la satisfaction des besoins du client avec un produit manufacturable, tout en respectant la capacité des procédés de production et le coût de production cible. Une autre difficulté est relative à la limitation du temps et des dépenses dédiés à la conception [Industrie Canada, 2010].

2.2.3 Le DP vu en deux blocs principaux

Le document d'Industrie Canada cité en référence, fait une distinction entre le « service de conception » et le « service de génie » [Industrie Canada, 2010]. Le DP pourrait effectivement être perçu, de façon très simplifiée évidemment, comme étant formé de deux composantes majeures ou deux blocs principaux selon une perspective différente de celle présentée à la section 2.2.1: la conception de produits¹² (CP) et l'ingénierie de détail¹³ (ID). Dans un modèle vu à haut niveau, la CP serait donc située en amont du DP alors que l'ID se situerait en aval. La CP relèverait d'un domaine plutôt flou, imprécis (forme, aspect du produit) contrairement à l'ID qui ferait appel à des sciences plus précises (spécifications techniques, caractéristiques fonctionnelles). À l'interface de ces deux constituantes, se retrouve le *concept du produit*. Le concept du produit agirait comme un pont comblant l'écart entre la CP et l'ID. Or, réduire cet écart est un aspect fondamental du DP mais représente aussi une difficulté de taille [Industrie Canada, 2010]. La détermination du concept de produit serait donc une opération cruciale.

La littérature est éloquente à l'égard de l'impact des activités préliminaires du DP sur sa performance. C'est à ce niveau que se situerait le plus grand potentiel d'amélioration, mais le défi est colossal [Ward *et al.*, 1995; Verganti, 1997; Koen *et al.*, 2001; Liu et Bligh, 2003;

¹² « Le terme *conception de produits*, au sens où il est utilisé dans la définition des innovations de commercialisation, renvoie à la forme et à l'aspect des produits et non à leurs spécifications techniques ou autres caractéristiques fonctionnelles ou d'utilisation » [Tanaka *et al.*, 2005].

¹³ Ingénierie de détail : « Ensemble des activités consistant à définir les techniques et les procédures pratiques nécessaires à la mise en service d'une installation industrielle » [Québec. Office québécois de la langue française (2012). Définition de l'ingénierie de détail. In Le grand dictionnaire terminologique, [En ligne]. http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=115229 (Page consultée le 15 juin 2013).

Jetter, 2003; Cockayne, 2004; Dehez, 2004; Scaravetti, 2004; Kamrani et Vijayan, 2005; William *et al.*, 2006; Akay, 2007; Saint-Pierre, 2007; Bélanger, 2008; Lin, 2008; Coates, 2009]. Ces activités regroupent les études préliminaires et conceptuelles du DP pour lesquelles différents chercheurs et auteurs y attribuent diverses appellations [Crawford, 1983; Koen *et al.*, 2001; Creveling *et al.*, 2003; Ginn et Varner, 2004; Keinonen *et al.*, 2006; Saint-Pierre, 2007; PTC, 2007]. Suivant ces références, cette phase en amont du DP se termine, pour un produit donné, dès qu'un concept de produit viable est détenu. Comme cette phase aboutit à la définition d'un concept, la désignation du modèle de Koen *et al.* est retenue, soit le développement de concepts (DC), déjà introduit dans la section 2.2.1. Il faut noter que la CP et le DC signifient sensiblement la même chose et que dans le contexte de la présente recherche, ils seront considérés comme synonymes.

Le DP peut donc être vu comme étant formé de deux blocs principaux, soit le DC et l'ID, entre lesquels le concept de produit assure le transfert de l'information, d'un domaine « vague » vers un domaine plus « précis » tel que présenté sur la figure 2.2. Le concept de produit serait ainsi une charnière importante du DP pour lequel la section suivante lui sera consacrée.

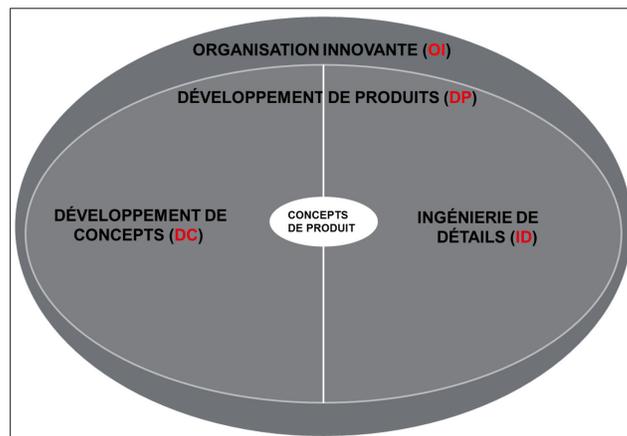


Figure 2.2 Le DP vue en deux blocs principaux

Dans la présente perspective, l'importance du DC se comprend par son statut de « déclencheur » et la place qu'il occupe en amont du DP au sein de l'OI pour créer le concept de produit.

2.2.4 Le processus de DP

Plusieurs chercheurs et praticiens du domaine du DP ont représenté le processus de DP en le découpant sous la forme de phases distinctes. Scaravetti révèle que les processus de conception seraient toujours séquencés en phases « différenciées par le niveau d'abstraction de la représentation du produit » [Scaravetti, 2004] et ce, même pour l'approche de l'ingénierie simultanée. Dans cette dernière, lesdites phases se chevaucheraient. Ces phases ne portent pas toutes le même nom ou ne sont pas nécessairement découpées de la même manière. Ce point de nomenclature sera d'ailleurs abordé à la section 2.4.1. Cependant, il est possible d'illustrer un processus simple de DP d'allure générique et représentative d'un certain nombre de processus de DP existants. La figure 2.3 suivante résume les phases considérées typiques du DP.

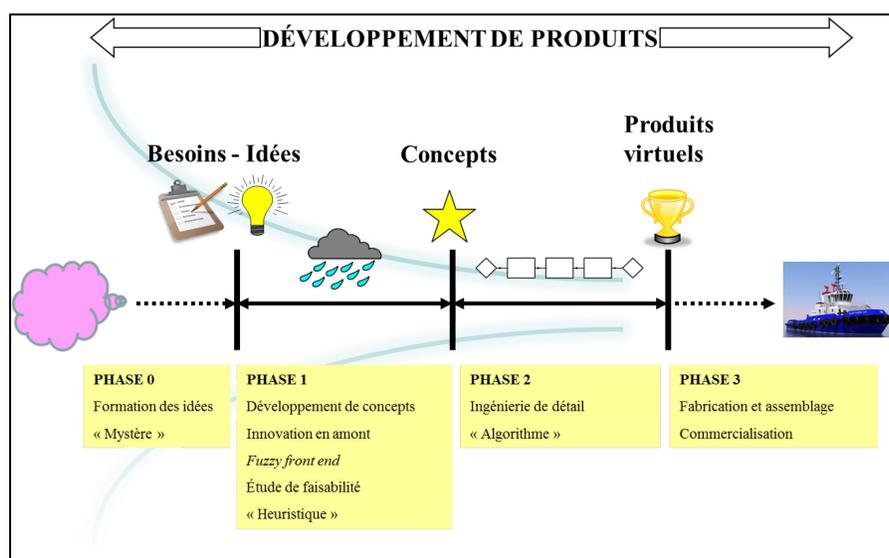


Figure 2.3 Phases typiques du développement de produits

Évidemment, il s'agit d'une représentation plutôt grossière, à haut niveau, mais elle permet de situer les recherches effectuées en DP par différents scientifiques. Les processus ou modèles peuvent être différents dépendant des contextes d'entreprise, des équipes de conception et même des concepteurs [Birmingham *et al.*, 1997].

Selon les résultats de la thèse de doctorat en génie mécanique de Cockayne, la **Phase 0** montrée sur la figure 2.3, correspond à la période dans laquelle les idées se forment, bien

avant qu'une équipe formelle et qu'une idée définie existent [Cockayne, 2004]. C'est le lieu d'un phénomène social complexe duquel les idées émergent, sont retenues, et sont raffinées par des individus intentionnés s'auto organisant en équipe informelle. On y observe une dynamique des réseaux informels d'innovateurs [Cockayne, 2004].

La figure 2.3 montre en arrière-plan, une sorte de « cornet » en lignes floues. Ces dernières imagent ce que Roger Martin appelle « l'entonnoir de la connaissance » [Martin, 2009]. Métaphoriquement, une idée vague au début, y circulerait en se précisant de plus en plus, en filtrant l'information de manière à y retirer de l'incertitude et de l'ambiguïté. Cooper explique d'ailleurs que le processus de DP devrait être perçu comme un « entonnoir » (*funnel*) et non comme un « tunnel ». En fait, certaines idées potentiellement intéressantes initialement ne réussissent pas à franchir les jalons *Go/Kill* du processus de DP, ou n'en franchissent qu'un certain nombre avant d'être éliminées [Cooper, 2009]. « L'entonnoir » agirait donc comme « filtre » de produits selon deux manières: d'abord par le retrait des incertitudes et des ambiguïtés associées au produit puis, par l'abandon de produits jugés insatisfaisants, en cours de développement.

Pour Martin, le premier stade de « l'entonnoir de la connaissance » est ce qu'il dénomme l'exploration du *mystère* pouvant prendre une variété infinie de formes [Martin, 2009]. Ce stade colle assez bien à la **Phase 0** du diagramme de la figure 2.3.

La **Phase 1** sur la figure 2.3 est aussi appelée dans la littérature l'innovation en amont ou *fuzzy front end* [Saint-Pierre, 2007]. À la section 2.2.3, la **Phase 1** s'est vue attribuer le nom de développement de concepts (DC). Fait à noter, dans le contexte de la présente recherche, le DC pourrait inclure également la **Phase 0**. Le DC précède la **Phase 2**, phase formalisée et structurée du processus de développement de produits. Comme expliquée dans la section 2.4.1, le DC serait composé d'activités de nature expérimentale qui ne seraient pas nécessairement accomplies séquentiellement mais plutôt aléatoirement¹⁴. La **Phase 1** se termine dès qu'un concept de produit répondant aux exigences spécifiques du client est détenu

¹⁴ Les résultats de ce processus peuvent être incertains car le hasard intervient d'où le caractère aléatoire. En effet, en cours de route on peut décider d'effectuer une activité qui n'avait pas été prévue à l'origine à la suite de nouveaux résultats partiels obtenus. Le processus se construit donc au fur et à mesure des découvertes.

et que l'organisation peut lui attribuer une équipe multifonctionnelle pour le développer [Saint-Pierre, 2007]. Elle est aussi une étape où la faisabilité du projet est évaluée [Bélanger, 2008b].

La **Phase 1** s'assimile plutôt bien avec le deuxième stade de « l'entonnoir de la connaissance ». Ce stade de nature « heuristique » fait référence aux heuristiques représentant une compréhension plus grande, bien qu'incomplète, de ce qui était considéré mystérieux au premier stade. La beauté des heuristiques réside dans ses façons de guider vers une solution au moyen d'une exploration organisée des possibilités. Les heuristiques ne font qu'augmenter la probabilité d'atteindre la réussite ou, à tout le moins, permettent d'y parvenir plus rapidement [Martin, 2009].

La créativité se manifeste particulièrement aux **Phases 0** et **1**. Tel que discuté à la section 2.5.3, il serait important de créer le climat favorable à l'éclosion des idées et le gestionnaire de l'ingénierie et de la R&D aurait une responsabilité importante à cet égard. Il ferait notamment appel à la créativité et à l'audace naturelles de son équipe [CFC, 2007] et ce, en visant l'exceptionnel [Guntern, 2001].

Les idées proviennent de partout et en cela, le paradigme de l'innovation ouverte se justifierait, en opposition au paradigme de l'innovation fermée, assumant que les entreprises désirant une avancée technologique peuvent et devraient utiliser autant les idées externes qu'internes, et prendre des voies vers les marchés autant externes qu'internes également [Chesbrough, 2003]. En reconnaissant les bénéfices de ce concept d'ouverture, les entreprises sont même en mesure de réaliser plus de gains avec leurs propriétés intellectuelles. La propriété intellectuelle peut aussi servir de déclencheur d'innovation. Néanmoins, elle ne constitue pas un pré requis à la naissance de l'innovation [Käki, 2007].

La **Phase 2** serait habituellement beaucoup plus structurée, plus ordonnée et mieux définie. Elle correspond à un processus fondamentalement constitué d'une série d'activités réalisées de manière plutôt séquentielle (ou avec un certain degré de simultanéité), pour assurer une exécution satisfaisante, sans faille, dans l'atteinte des objectifs de qualité, de coût et de délai.

Ce processus définit une façon commune de travailler et sert de balise aux concepteurs pour systématiser leurs tâches. Plusieurs méthodologies visant notamment cet aspect ont été développées dont : *Design For Six Sigma* [Creveling *et al.*, 2003]; *Value Engineering* [Park, 1999]; *Axiomatic Design* [Suh, 2001]; *Design For Manufacturing and Assembly* [Boothroyd *et al.*, 2002]; *Lean Design* [Huthwaite, 2004]; *Stage-Gate* [Cooper, 2001]. Une dimension commune à toutes ces méthodologies serait liée à la difficulté de les implanter et de les soutenir dans l'entreprise. Un support dynamique du management serait d'ailleurs essentiel [Crow, 1996]. Il semble de surcroit, que les modèles de management du DP soient perçus par certains gestionnaires, comme un fardeau administratif, car ces modèles seraient considérés éloignés de la réalité. Une simple implantation des modèles serait donc insuffisante puisqu'il faudrait également considérer comment les acteurs conçoivent leurs tâches en DP et, s'il est jugé nécessaire, changer cette conception [Engwall *et al.*, 2005]. De la même manière, forcer les acteurs du DP à s'investir en DC sans préalablement s'assurer qu'ils accordent un niveau de sens (NDS) suffisant au DC pourrait être dérisoire.

La **Phase 2** pourrait être qualifiée d'algorithmique. En ce sens, elle serait associée au troisième stade de « l'entonnoir de la connaissance ». Les algorithmes garantissent qu'en suivant une séquence d'étapes stipulées, en l'absence d'interventions ou d'anomalies, un résultat particulier est obtenu [Martin, 2009]. Elle se termine par la réalisation d'un produit virtuel, d'un prototype ou d'une maquette rassemblant toutes les spécifications et indications permettant la fabrication et l'assemblage du produit physique.

La **Phase 3** représente la fabrication, l'assemblage et la commercialisation du nouveau produit. Les acteurs du DP devraient supporter la production pendant la période de rodage nécessaire, propre à la **Phase 3**.

Dans les **Phases 0 et 1**, les données sont imprécises et elles sont peu nombreuses de surcroit [Scaravetti, 2004]. Elles sont suivies de phases dont les processus sont beaucoup plus formels, structurés et donc mieux maîtrisés et dans lesquelles les données sont précises ou du moins plus précises [Scaravetti, 2004]. Ainsi donc, le processus de DP s'initierait dans un certain désordre, un chaos même, pour aboutir à une certaine structure, un certain ordre. Pour Martin,

l'entreprise passerait de l'*exploration* à l'*exploitation*, deux approches pour lesquels peu d'entreprise réussisse à trouver l'équilibre adéquat [Martin, 2009]. Il semble par ailleurs que la formalité et la structure bloquent la capacité des entreprises à innover [Cockayne, 2004]. L'entreprise devrait même prôner un certain flou dans l'organisation puisque « les systèmes ordonnés ont tendance à répondre avec trop de rigidité et de lenteur à une demande changeante » [Guibert, 2008]. L'approche *Stage-Gate*, créée par Cooper pour le développement de produits, travaillerait même contre l'innovation [Mootee, 2008]. En même temps, il serait contraindre de laisser arriver l'innovation par le seul fruit de la chance, sans processus formel [Morris, 2006; Cooper, 2005; Bélanger, 2008a].

Selon Bers, dans les premiers stades du cycle de l'innovation, la communauté des individus impliqués dans l'innovation devrait disposer d'une liberté de choisir l'approche technologique et de modeler la technologie aux fins désirées selon une vision sociale constructiviste¹⁵. Mais lorsque le système technologique mature, une approche déterministe¹⁶ deviendrait le modèle explicatif dominant [Bers, 2005].

Pour sa part, l'approche japonaise de l'innovation en DP apparaît être floue du début à la fin. Elle fait référence au *Knowledge-based product development* [Kennedy, 2003]. Elle consiste à utiliser la redondance de l'information et le chevauchement des phases d'innovation [Nonaka, 1990]. L'entreprise japonaise utilise la redondance de l'information, laquelle réfère à une condition où certains types d'informations sont partagés en surplus de la quantité minimum requise par les individus, groupes ou organisations réalisant une fonction spécifique. Cet excès d'informations clarifie le sens et augmente la fiabilité de l'information requise par ces individus ou groupes. Elle stimule le pouvoir créateur de l'information et elle est liée à la génération d'une information contenant de nouvelles significations. Quand l'information est redondante, il est possible pour chacun d'entrer dans le territoire ou la spécialité d'un autre individu. L'information redondante, bien que représentant un danger potentiel de chaos et

¹⁵ Constructiviste c.-à-d. qui se rattache à *constructivisme* : « désigne d'abord la théorie issue de Kan selon laquelle la connaissance des phénomènes résulte d'une construction effectuée par le sujet » [Besnier, 2008].

¹⁶ Déterministe c.-à-d. qui se rattache à *déterminisme* : « Postulat des sciences de la nature selon lequel les faits sont réglés par des lois nécessaires et universelles » [Québec. Office québécois de la langue française (2012). Définition de déterminisme. In Le grand dictionnaire terminologique], [En ligne]. http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=17588913 (Page consultée le 30 août 2017).

d'incertitudes, créée de l'ordre dans les organisations japonaises parce que la vision de l'entreprise est claire pour chaque membre de l'équipe partageant un sens commun de l'orientation. L'établissement d'échéances agit comme moyen de concentration des efforts sur le problème. Cependant, les individus impliqués dans la génération de l'innovation sont sujets à l'épuisement parce que les interactions sociales s'accroissent avec la redondance de l'information [Nonaka, 1990]. Dans l'entreprise japonaise, chacune des phases de l'innovation se chevauche et elles sont connectées souples, leur permettant de s'allonger ou de se contracter sans contrainte. L'interaction induite et la flexibilité entre les phases favorisent le partage d'une information abondante. Le processus de génération de l'innovation se transforme ainsi en un système entièrement sensible aux changements du marché [Nonaka, 1990]. La génération de l'innovation dans une entreprise japonaise ne doit pas être vue comme un modèle de traitement de l'information mais comme un modèle de création de l'information [Nonaka, 1990]. Et ce modèle a fait ses preuves puisqu'en 1995, le processus de conception de Toyota permettant de réaliser des produits de qualité supérieure, avec la moitié moins d'ingénieurs que leur compétition, en moins de temps et ce, à un coût de production ultime moindre [Ward *et al.*, 1995]. Selon Thouvenin, la plupart des problèmes de la conception seraient d'ailleurs liés à une mauvaise accessibilité aux informations [Thouvenin, 2002], ce qui expliquerait, du moins partiellement, le succès de l'approche japonaise.

En somme, la revue partielle de la littérature effectuée dépeint le DP comme étant constitué de phases par lesquelles une idée vague à l'origine, se transforme en concept de produit et au final, en produit. Le processus de DP débiterait dans un certain désordre lié aux incertitudes et ambiguïtés initiales ainsi qu'à l'exploration du « mystère » pour aboutir, à la suite de la création et du traitement de l'information à un ordre incarné par une approche de nature « algorithmique » et par le produit physique. Le processus serait exploratoire au début et s'expliquerait par un modèle constructiviste pour tendre graduellement vers un processus opérationnel reposant sur un modèle de nature déterministe.

2.3 Le concept de produit

Vu le statut névralgique du concept de produit tel que mentionné précédemment, un examen plus approfondi de ce qu'il représente, semble pertinent à ce stade.

2.3.1 Le concept de « concept »!

Plus généralement, qu'est-ce qu'un concept? Schön mentionne que le concept réfère à un ensemble de propriétés définissant des classes d'objets. Il les considère comme des outils pour s'adapter au monde, pour résoudre des problèmes. Les concepts sont ainsi utilisés comme des stencils qu'on superpose aux expériences [Schön, 1963]. Dans le même sens, Pasmán indique que les concepts émanent d'une classification des objets, des situations, des personnes etc., en catégories basées sur des caractéristiques partagées afin de donner du sens au monde environnant. Il identifie les concepts à des structures cognitives permettant de raisonner par inférence [Pasmán, 2003]. Bref, les concepts activent la perception et la compréhension [McDowell *et al.*, 2007]. Le concept, dans la présente définition, serait de fait une connaissance [Kazakci, 2007]. Cette façon d'appréhender les concepts a permis de les représenter sous une forme programmable dans un ordinateur. Minsky a introduit la notion de schéma (*Frame*) en 1975 qui constitue un outil bien établi en intelligence artificielle [Paquette et Bergeron, 1989].

D'autres chercheurs dans le domaine de la conception ont cependant donné une définition différente du concept. Ainsi, dans le développement de leur théorie unifiée de la conception, nommément la *théorie C-K de la conception*, Hatchuel et Weil définissent le concept à partir de la tradition des ingénieurs qui en parlent « pour désigner une proposition novatrice à partir de laquelle on veut initier un travail de conception » [Hatchuel et Weil, 2002]. Mais pour ces chercheurs, le sens donné au « concept » s'écarte de celui évoqué au paragraphe précédent. Le « concept » ne constitue pas une connaissance mais évoque une « proposition inconnue » par rapport à la connaissance disponible. Le concept est une proposition dénuée de statut logique, c.-à-d. qu'il n'est pas possible de dire s'il est vrai ou faux, par opposition à une connaissance. Il n'est jamais complètement défini et il appartient à un ensemble infini d'ensembles infinis [Hatchuel et Weil, 2002]. Par ailleurs, un concept pour un certain individu peut être une connaissance pour un autre. Le premier individu n'aurait donc pas la connaissance pour affirmer si sa « proposition inconnue » (son concept) est vraie ou fausse.

Selon Kazakci, les deux usages, à savoir que le concept peut être considéré comme une connaissance ou non, ne sont pas exclusifs. Ainsi, le chercheur explique que lors de la

conception, selon la théorie C-K, un concept dont le sens est en construction ne serait pas encore une connaissance mais serait en voie de le devenir cependant [Kazakci, 2007]. Cette construction de sens s'effectue pendant l'activité de génération de concepts (GC) comme il en sera bientôt discuté.

2.3.2 Les particularités du concept de produit

Qu'est-ce qu'un concept de produit plus particulièrement? Pour Crawford, le concept de produit est habituellement une verbalisation de la proposition d'un produit incluant deux dimensions : les attributs et les bénéfices. Les concepts de produits précèdent les produits et les projets [Crawford, 1983]. De façon plus précise mais dans le même esprit que Crawford, Koen *et al.* cité par Saint-Pierre, définissent le concept de produit comme « une idée ayant une forme définie comportant à la fois une description écrite et visuelle des principales caractéristiques et bénéfices pour le consommateur et une bonne compréhension de la technologie requise pour le réaliser » [Koen *et al.*, 2001; Saint-Pierre, 2007]. C'est cette dernière définition du concept de produit qui sera tenue pour pertinente dans le contexte de la présente recherche. En référence à la section précédente, le concept de produit est considéré comme constituant une connaissance.

Le concept de produit peut être incarné par un prototype (physique ou virtuel). Celui-ci aide à tester les hypothèses dans les phases initiales du DP, à résoudre les problèmes globaux de forme et d'esthétique, et à faciliter l'interaction qui représenterait un facteur plus important que des spécifications précises à ce moment [Lang *et al.*, 2002].

2.3.3 L'importance du concept de produit

Pourquoi le concept de produit serait-il si important ou névralgique mis à part le fait qu'il effectue le lien entre le DC et l'ID? Une revue sommaire de la littérature met en lumière plusieurs raisons.

Selon la pensée de Schön, il n'existerait pas de choses sans concepts. Il n'y a aucune observation, donnée, perception, objet, indépendants des concepts. On ne peut même pas nommer les choses sans faire référence aux concepts [Schön, 1963]. La théorie C-K montre

que « la connaissance n'est rien sans les concepts qu'elle permet de former ou qu'elle aide à prendre de l'expansion » et qu'aucune nouvelle connaissance n'est possible sans concepts [Hatchuel et Weil, 2002]. La notion de « concept » (ou le concept de « concept »!) est donc inévitable en DP. D'ailleurs, Keinonen *et al.* mentionnent que le concept en DP, portant la définition de la spécification du produit, est nécessaire pour fixer les objectifs détaillés de la conception des sous-systèmes du produit et des phases subséquentes du processus de conception [Keinonen *et al.*, 2006].

Morin dans « La Méthode » [Morin, 1977], cité par Fortin, place les idées et les systèmes d'idées au quatrième niveau d'organisation selon une hiérarchie basée sur les principes de la complexité. Pour lui, les idées et les systèmes d'idées chapeautent les sociétés situées au troisième niveau (associations, communication, culture), la matière vivante occupant le deuxième niveau (cellule, végétaux, animaux) et la matière inanimée mais active (atomes, étoiles, flammes, remous, tourbillons) logée au premier niveau [Fortin, 2005]. Mais ces niveaux d'organisation interagissent les uns avec les autres. Ainsi, « Les idées dépendent des esprits humains et de la société qui les génèrent, lesquels dépendent des idées qui les régénèrent. Il se crée un circuit récursif où chacun des termes devient inséparable de l'autre » [Fortin, 2005]. En transposant plus spécifiquement ces explications au DP, les concepts de produit seraient situés au sommet d'une échelle hiérarchique de complexité, au-dessus même de la culture. Les concepts de produit auraient donc un lien étroit avec la culture de l'organisation.

Fortin, toujours inspiré par Morin, mentionne que les idées se logeraient dans l'esprit de l'humain où elles prennent vie. Elles transformeraient le désordre en ordre et s'en nourriraient. L'humain s'approprierait de ses idées mais en même temps, ses idées s'approprieraient de son esprit. Les idées sont immatérielles et pour s'articuler, elles ont toujours besoin d'un substrat physique : les cerveaux humains, les liaisons inter neuronales, l'alphabet, les livres, etc. Et quand les idées s'expriment par des concepts, elles seraient déjà nanties d'un certain pouvoir sur leurs géniteurs [Fortin, 2005]. « Maîtriser les idées, c'est pouvoir agir sur le monde, sur les autres êtres humains, sur soi-même, sans les mutiler ou chercher à les asservir » [Fortin, 2005]. En DP, les concepts de produit détiendraient donc un pouvoir d'influence sur les

individus. En conception de produits, il semble d'ailleurs possible de devenir esclave de ses propres créations et mauvaises idées [Suh, 2001]! En recherche par ailleurs, Moles explique que le chercheur augmentant sa spécialisation et sa profondeur, creuse un sillon qui deviendra un chemin s'éloignant des autres chemins et qu'il deviendrait quelque peu prisonnier de ses concepts [Moles, 1995].

Wenger explique que l'apprentissage impliquerait une interaction intime entre l'ordre et le chaos [Wenger, 2007]. Or, le concept de produit établit le pont entre un domaine dont la nature du travail est expérimentale et souvent chaotique et un domaine nommé méthodique et structuré [Saint-Pierre, 2007]. Le concept de produit pourrait donc être perçu comme le résultat d'un processus d'apprentissage.

La théorie de la viabilité, permettant de modéliser mathématiquement des systèmes évolutionnaires dont les systèmes cognitifs, exprime notamment que ces systèmes « ont une grande inertie d'évolution : ils conserveront la même direction tant qu'elle est viable, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'elle mette en péril la survie même du système » [Ekeland, 1984]. « Le principe d'inertie énonce que les régulons n'évoluent que lorsque la viabilité est en jeu [...] En respectant le principe d'inertie, les régulons ne se mettent en mouvement que lorsqu'une « crise de viabilité » survient, et ce, jusqu'à ce que la viabilité soit rétablie » [Aubin *et al.*, 2005]. Or selon la théorie de la viabilité, les « concepts » constitueraient les régulons dans les systèmes cognitifs. Ces derniers seraient notamment associées aux mécanismes d'apprentissage [Aubin *et al.*, 2005] lesquels reposeraient sur la théorie de la conception [Hatchuel et Weil, 2002]. Percevant le DP comme un système cognitif évolutionnaire, les concepts de produit seraient donc d'une importance capitale pour la viabilité du système de DP, celui-ci impliquant la conception, l'apprentissage et donc la cognition. Pirie mentionne par ailleurs de façon significative: *“A sensible philosophy controlled by a relevant set of concepts saves so much research time that it can be nearly act as a substitute for a genius: it may be that this what we mean by genius.”* [Pirie, 1952]. En ce sens, Léonard de Vinci fut le suprême « homme d'idées » et il serait considéré par certains comme le plus grand génie de tous les temps [Gelb, 2004].

Les concepts de produit sont inévitables en DP. Ils assurent le lien entre le DC et l'ID. Ils orientent et délimitent tous les efforts effectués dans les activités en aval du DP. Ils mettent de l'ordre en précisant les idées vagues. Ils contiendraient en quelque sorte l'*ADN* des produits. Ils sont créés par le « génie » des acteurs du DP qu'ils influencent à leur tour dans une logique récursive. Ils occuperaient d'ailleurs un niveau hiérarchique élevé dans la complexification des systèmes, détenant ainsi une certaine emprise sur la culture de l'organisation. Les concepts de produit méritent donc une attention particulière de par le pouvoir qu'ils détiennent. La viabilité du système de DP en serait même tributaire. Un « bon » concept de produit augmenterait donc la performance de l'ID et faciliterait la systématisation des activités mais par-dessus tout, il augmenterait les probabilités de succès du produit. Bref, un bon concept de produit est vital en DP. Encore faut-il savoir identifier ce qu'est un « bon » concept! La prochaine section est ainsi consacrée à la reconnaissance des « bons » concepts.

2.3.4 Qu'est-ce qu'un « bon » concept de produit?

Les réflexions effectuées jusqu'à maintenant sous-entendent qu'un « bon » concept de produit pourrait impliquer une bonne performance dans les activités en aval du DP et, qu'un meilleur concept de produit pourrait produire une meilleure performance encore. Mais comment évaluer un concept de produit au point de dire qu'il est « bon » ou « mauvais »? Quelques exemples permettront de montrer qu'il est effectivement possible d'évaluer des concepts de produit pour éventuellement espérer sélectionner les meilleurs. Néanmoins, une part de subjectivité dans l'évaluation sera toujours présente vu le degré d'imprécision inhérente à tout concept de produit. Toutefois, selon Moles, un des principes directeurs des méthodologies des sciences de l'imprécis donne à l'évaluation qualitative une plus grande importance qu'à celle de l'évaluation quantitative [Moles, 1995].

Keinonen *et al.* attribuent quatre propriétés au concept pour qu'il réponde aux objectifs du *concept design*. Il devrait être *anticipatif*, c.-à-d. qu'il devrait permettre à l'entreprise de prendre l'initiative du marché d'une manière proactive. Il devrait être *consistant*, c.-à-d. que sa description devrait soutenir et favoriser la compréhension de la solution présentée. Il devrait *bien cibler*, c.-à-d. qu'il devrait référer qu'aux caractéristiques fondamentales du produit suffisantes à des fins de prise de décisions. Finalement, le concept devrait être

compréhensible, c.-à-d. qu'il devrait communiquer son message dans un format facile à saisir [Keinonen *et al.*, 2006]. Ces propriétés sont du domaine qualitatif, laissant place à l'interprétation.

Dans l'approche de l'ingénierie de la valeur (*Value Engineering* ou VE), le concept de produit doit satisfaire un ensemble de fonctions associées au produit en développement. Une fonction est définie comme étant ce que le produit « fait » pour le client, ce que celui-ci désire et paye pour [Park, 1999]. Une fonction est ce qui fait fonctionner ou vendre un produit [Mudge, 1996]. Un « bon » concept de produit répondra donc adéquatement aux fonctions du produit. Un meilleur concept de produit adressera plus adéquatement les fonctions et se verra attribuer une plus grande valeur.

Suivant la méthodologie de la « conception axiomatique » (*Axiomatic Design* ou AD), le concept de produit appartient au « domaine physique ». L'évolution du concept de produit, afin d'aboutir à un produit considéré bien conçu, doit répondre à un ensemble de règles ou théorèmes découlant de deux axiomes : l'*axiome d'indépendance* stipulant que les requis fonctionnels doivent être indépendants les uns par rapport aux autres et, l'*axiome d'information* exprimant que l'information contenue dans le design doit être minimisée. Une « équation de conception » sous forme matricielle relie les requis fonctionnels issues du « domaine fonctionnel » aux paramètres de conception associés au « domaine physique », via une « matrice de conception ». Le concept de produit est décrit au moyen de ces paramètres de conception [Suh, 2001]. Selon la terminologie de l'AD, un « bon » concept de produit correspond notamment à une conception « non couplée » ou « découplée » en respect de l'axiome d'indépendance. Suivant les prétentions de Suh, l'AD propose des outils et une base scientifique pour déterminer les meilleurs designs parmi ceux proposés [Suh, 2001]. Évidemment, il est nécessaire que les requis fonctionnels aient été adéquatement déterminés.

Incidentement, un bon concept répondra adéquatement à certains critères ceux-ci prenant différentes formes suivant les méthodologies (par exemple des propriétés, des fonctions, des règles, etc.). Il serait cependant plus aisé d'évaluer les concepts de produits, toujours selon des critères mais cette fois, en les confrontant les uns par rapport aux autres (en supposant d'avoir

en main plus d'un concept de produit). En effet, selon Moles, « l'esprit reconnaît plus facilement la similitude et la proximité conceptuelle qu'il ne reconnaît les entités elles-mêmes ». C'est ce qu'il appelle aussi la « prééminence de l'ordinal sur le cardinal » [Moles, 1995]. La matrice de Pugh, utilisée pour la comparaison et la sélection des concepts de produit, repose sur ce principe [Creveling *et al.*, 2003].

Bien que l'évaluation des concepts de produit puisse être supportée par diverses techniques, elle demeure une opération subjective et à certains égards difficile parce qu'il faudra travailler avec des données vagues, incertaines de nature. Fait à noter, comme le choix final des concepts de produit est habituellement dévolu au gestionnaire de DP, ce dernier devrait être en mesure de reconnaître les meilleurs concepts.

En somme, le concept de produit délimite la marge de manœuvre et constitue le fondement de l'ingénierie de détails (ID), en identifiant les caractéristiques du produit, les bénéfices potentiels et les technologies. Il adresse un ensemble de fonctions reliées aux attentes du client qu'ils organisent en un tout cohérent. Le concept de produit donne la direction à suivre en réduisant l'ambiguïté qui facilite la prise de décision, dans les activités en aval du DP. Il est l'aboutissement du développement d'une forme embryonnaire du produit, à la suite d'un processus créatif appelé la « génération de concepts » (GC) dans la présente thèse. L'évaluation des concepts de produits demeure toutefois une opération délicate pour le gestionnaire de DP, car il doit porter un jugement sur des données de nature incertaine.

Enfin muni d'une connaissance plus approfondie de ce que représente le concept de produit, le DC, faisant l'objet de la section suivante, prendra toute son importance.

2.4 Le développement de concepts (DC)

Le « développement de concepts » (DC) a été identifié dans la section 2.2.3, comme un lieu muni d'un grand potentiel d'amélioration, sauf que ce potentiel serait difficile à se matérialiser. Cette section présente d'abord une description et une définition du DC. Ensuite, l'importance et les difficultés relatives au DC sont exposées.

2.4.1 Une description et une définition du DC

Koen *et al.* ont construit un « modèle du développement de nouveaux concepts » (MDNC) lequel clarifie le langage utilisé pour décrire le *fuzzy front end* (FFE), fourni les composantes clés du FFE et donne un aperçu des activités s’y effectuant. Le FFE, aussi appelé « l’innovation en amont », précède la phase formelle et structurée du processus de développement de produits [Koen *et al.*, 2001; Koen *et al.*, 2002; Saint-Pierre, 2007]. Le MDNC comprend cinq activités « contrôlables » : 1- l’identification des opportunités; 2- l’analyse des opportunités; 3- la génération d’idées et leur enrichissement; 4- la sélection des idées; 5- la définition du concept [Saint-Pierre, 2007]. Ces cinq éléments sont « énergisés et activés » par le « moteur » représentant le support des cadres supérieurs et incarnant le leadership et la culture de l’entreprise [Koen *et al.*, 2001; Saint-Pierre, 2007]. Ils sont également soumis à différents facteurs d’influence tant internes (capacités organisationnelles telles les compétences scientifiques et techniques) qu’externes (concurrence, fournisseurs, réseaux de distribution, climat politique et économique, législation et réglementation), et sur lesquels l’entreprise n’a généralement aucun contrôle [Saint-Pierre, 2007]. La maîtrise du FFE est un élément primordial pour générer un flux constant de nouveaux produits. Les activités composant cette phase sont souvent aléatoires et les itérations sont choses communes. Ceci est tributaire des incertitudes inhérentes à cette étape du processus de DP. Enfin, le FFE se termine dès qu’un concept de produit est détenu et que l’organisation peut lui attribuer une équipe multifonctionnelle pour le développer davantage [Saint-Pierre, 2007]. Incidemment, considérant que le FFE fait partie intégrante du DP tel que préconisé par Koen [Saint-Pierre, 2007], le MDNC débute le processus de DP et se poursuit jusqu’à l’obtention de concepts de produit viables (de « bons » concepts de produit donc!). Le modèle de Koen *et al.* présente les activités du DC dans une forme montrant l’interaction régnant entre elles et les boucles de feedback. Il s’agit d’un modèle synchronique [Bériot, 2006] voulant montrer les relations entre les divers éléments du DC et l’état de ces relations.

Plusieurs chercheurs et praticiens de l’industrie ont utilisé des représentations différentes de celle de Koen *et al.*, mais moins éloquentes toutefois, en usant cette fois des modèles diachroniques [Bériot, 2006], lesquels se présentent plutôt sous la forme d’un processus, d’une démarche à suivre. Ainsi, Crawford spécifie 3 étapes au DC: *Strategic planning for new*

products; Concept generation & development; Screening [Crawford, 1983]. Ginn et Varner utilisent les phases *Define, Measure, et Analyze* pour compléter le DC [Ginn et Varner, 2004]. Creveling *et al.* définissent la phase *Concept Development Phase* qui correspond au DC [Creveling *et al.*, 2003]. Cooper propose un processus de DC reposant sur les trois étapes suivantes : *Idea Stage - Discovery; Stage 1 – Scoping; Stage 2 – Business Case* [Cooper, 2009]. Keinonen *et al.* parlent d'un processus itératif générique du *Product Concepting* constitué de trois grand blocs d'activités interreliés : *Background Research; Concept Generation; Concept Evaluation* [Keinonen *et al.*, 2006]. Enfin, la firme PTC identifie trois étapes principales en DC : la définition du problème; la génération de concepts; l'évaluation/sélection de concepts [PTC, 2007].

La firme PTC aurait de fait décelé l'importance et le potentiel d'amélioration du DC en offrant des outils de modélisation 3D numériques adaptés c.-à-d. des outils intuitifs permettant de créer rapidement des modèles réalistes pouvant être aisément modifiés et facilement récupérables afin d'accélérer l'ingénierie de détails. Elle fournit d'ailleurs une définition éloquent du DC : « Le développement de concepts est un processus déterminé par les demandes du client et par les spécifications du produit cible qui sont ensuite converties en un ensemble de concepts et de solutions technologiques potentielles. Ces solutions représentent une description approximative de la forme, du fonctionnement et des fonctionnalités du produit. Souvent, ces concepts sont accompagnés de modèles de conception industrielle et de prototypes qui aident à opérer la sélection finale » [PTC, 2007].

Sans toutefois prétendre l'exhaustivité, l'étude effectuée dans les paragraphes précédents montre que le DC débiterait par l'établissement des objectifs de projet, la détermination des besoins des clients et de la technologie disponible, passerait par la génération et l'évaluation des concepts et se terminerait par l'obtention des concepts de produit méritant d'être développés davantage à travers les activités de l'ID. Le DC couvre véritablement l'ensemble des activités en amont du DP, tout juste avant d'entamer l'ID chapeautant les activités en aval du DP. Cependant, le DC peut être segmenté en différentes étapes, phases ou blocs, selon les chercheurs et praticiens de l'industrie, mais se résume essentiellement à l'établissement des besoins, la génération de concepts et la sélection de concepts.

La prochaine section veut montrer l'importance du DC ainsi que les diverses difficultés lui étant attribuées. Le but sera de « donner du sens au DC »...

2.4.2 L'importance et les difficultés associées au DC

Pour souligner l'importance du DC, Scaravetti mentionne que la conception préliminaire, laquelle concerne le DC, peut « ... engager jusqu'à 70% des coûts du projet qui sont figés pour la suite » [Scaravetti, 2004]. Dehez ajoute que « les erreurs commises à ce stade sont très difficiles à corriger par la suite, que ce soit lors de la matérialisation ou lors du design de détail » [Dehez, 2004]. En fait, c'est habituellement à ce moment que le coût et la qualité du produit sont définis [Lin, 2008]. Or, il est établi que pour une proportion élevée d'entreprises, le DC est le point faible du processus d'introduction de nouveaux produits [Williams *et al.*, 2006]. De fait, le FFE, assimilable au DC dans le contexte de la présente recherche, serait une des phases du DP les plus négligées et les plus mal comprises du processus d'innovation [Saint-Pierre, 2007; Cockayne, 2004]. Une productivité inadéquate du FFE¹⁷ peut même défavoriser la croissance et la viabilité de l'entreprise [Coates, 2009]. Ainsi donc, le succès de l'innovation de produits trouverait sa racine dans les phases initiales du cycle de vie du produit [Verganti, 1997]. C'est à l'étape du FFE que s'offrirait le plus grand potentiel d'amélioration [Saint-Pierre, 2007; Cockayne, 2004]. D'ailleurs, une étude effectuée par Houlihan et Boucher auprès de 270 entreprises de diverses branches industrielles, indique que les meilleurs de l'industrie déploient des efforts supplémentaires dans la phase conceptuelle, se traduisant par une réduction de 34% des heures-hommes requises pour convertir un concept en une conception détaillée. Il est de plus 3,8 fois plus probable par rapport à la moyenne de l'industrie, que ces entreprises *Best-in-Class* développent et évaluent une grande quantité de concepts avant d'identifier ceux qui seront utilisés pour réaliser les designs détaillés [Houlihan et Boucher, 2009]. Le DC est en fait une étape où la faisabilité du projet est évaluée. Les Japonais y consacraient 80% de leurs énergies. Le 20% restant étant utilisé pour réaliser ces projets [Bélanger, 2008b]. Le DC serait par ailleurs plus « sollicité » dans le cas de l'innovation radicale par rapport à celui de l'innovation continue puisqu'il s'agirait d'une situation aux traits plus flous et de plus grandes incertitudes.

¹⁷ C.-à-d. un rapport insuffisant entre le flux continu d'innovations et les ressources dépensées pour y parvenir.

Plusieurs entreprises manifesteraient par ailleurs des lacunes dans la gestion du FFE. Les décideurs se fieraient sur leurs instincts ou leurs estimations en situation complexe [Jetter, 2003]. Le DC est en effet de nature expérimentale, non structurée et parfois même chaotique [Saint-Pierre, 2007]. Les données sont imprécises et elles sont peu nombreuses de surcroît [Scaravetti, 2004]. Ceci considéré, l'évaluation des concepts deviendrait un problème important et critique [Akay, 2007]. À l'opposé, en contexte plus précis et peu complexe, l'accomplissement du DC pourrait apparaître aisé pour des acteurs du DP expérimentés et bien outillés. Même un acteur du DP inexpérimenté dans cette situation pourrait acquérir dans des délais relativement courts l'expertise lui permettant de maîtriser le DC. Un contexte plus précis rendrait donc les choses plus faciles pour un ingénieur. C'est ce que Birmingham *et al.* appellent le *variant design* pour lequel seulement les « dimensions et l'arrangement » sont modifiés pour répondre aux requis relatifs à des concepts déjà connus et bien définis [Birmingham *et al.*, 1997]. Il est alors possible d'utiliser les techniques d'optimisation, domaine de prédilection pour les ingénieurs. Cependant, comme il sera discuté plus loin dans la section 2.5.2, l'apparente « facilité » du DC dans un contexte précis pourrait tromper les acteurs du DP faisant face à un problème de nature plus complexe.

Incidentement, plusieurs chercheurs ont proposé ou reconnu des approches et des outils pour améliorer la performance du DC [Liu et Bligh, 2003; Ward *et al.*, 1995; Verganti, 1997; Keinonen *et al.*, 2006; William *et al.*, 2006; Jetter, 2003; Lin, 2008; Kamrani et Vijayan, 2005; Coates, 2009]. Leurs recherches ont avant tout reconnu l'importance et l'impact du DC dans le processus de DP mais aussi, elles ont montré le défi qu'il représente. Les chercheurs considèrent les acteurs du DP mal outillés ce qui expliquerait, du moins en partie, les difficultés à performer en DC. De ces faits, ces chercheurs sont convaincus de l'importance du DC et du potentiel d'amélioration qu'il enferme, mais qu'en est-il des acteurs du DP en entreprise? Ont-ils une compréhension suffisante du DC et de son apport à la performance globale du DP? Y consentent-ils les efforts nécessaires? Cherchent-ils à s'améliorer continuellement? Sont-ils enclins à utiliser de nouveaux outils méthodologiques proposés par les chercheurs? Comment les en convaincre? Ces questions annoncent un objet scientifique peu couvert par les chercheurs dans le domaine du DP. Le problème de recherche commence à se dessiner.

La prochaine section explore la génération de concepts (GC), élément essentiel du DC comme il sera vu, mais peut-être aussi sa composante la plus importante. Mais de grandes difficultés y seraient dissimulées...

2.5 La génération de concepts (GC)

La section 2.3.3 a montré l'importance des concepts de produit en DP. Ceux-ci établissent le pont entre le DC et l'ID et sont à l'origine de la performance en ID. Ils portent le germe de l'innovation. Mais d'où proviennent ces concepts de produit? Comment sont-ils générés?

Après avoir étudié ce qu'est la génération de concepts (GC) dans la perspective de la présente recherche, l'importance et les difficultés relatives à cette activité sont exposées. Cela conduit à l'identification de certains facteurs déterminants en lien avec la performance des acteurs du DP.

2.5.1 Une description et une définition de la GC

Simon associe la GC à la résolution de problème. Ainsi, il explique que lorsqu'un individu fait face à un problème, il s'en fait une représentation qui constitue l'espace du problème dans laquelle la recherche de solution s'effectue. Il chercherait alors parmi les concepts de sa mémoire (sa connaissance) qu'il a déjà utilisés et enregistrés, lesquels pourraient résoudre le problème [Simon, 2004]. Le concept, tel que reconnu dans sa mémoire ou quelque peu ajusté à la situation et résolvant le problème, deviendrait donc la solution. Pour Kahneman, cette recherche d'images mentales se ferait d'abord par la « machinerie de la pensée intuitive ». Il explique que si l'individu détient l'expertise pertinente au problème, il reconnaît la situation et la solution intuitive amenée à son esprit a de bonne chance d'être satisfaisante [Kahneman, 2011]. Cependant, dans le cas où le concepteur rencontre une situation qui ne semble pas pouvoir s'ajuster aux espaces de problèmes qu'il avait précédemment reconnus, même en les généralisant ou en les transformant, il est alors confronté à une tâche de découverte [Simon, 2004]. Selon Altshuller, l'inventeur cherche d'abord une solution au problème en utilisant une méthode de recherche par essais-erreurs [Altshuller, 2000].

Une manière de découvrir de nouveaux concepts serait d'utiliser et de maîtriser l'art de trouver la bonne question [Gelb, 2004], c.-à-d. l'application du raisonnement d'abduction ou la « logique de ce qui pourrait être ». Pour Schön, la question la plus fondamentale de l'expérience serait d'ailleurs « What if? » [Schön, 1983]. La première étape du raisonnement ne serait pas en effet l'observation mais l'inquisition. Peirce, philosophe américain, a nommé cette forme de raisonnement la logique abductive [Martin, 2009]. Ce n'est pas un type de raisonnement déclaratif puisque son but n'est pas de déclarer si une conclusion est vraie ou fausse. Il s'agit d'un raisonnement modal. Son but est de postuler qu'est-ce qui pourrait être vrai [Martin, 2009]. La théorie C-K fait appel à ce type de raisonnement.

Schön va plus loin en élaborant une théorie sur la formation des nouveaux concepts. Il mentionne que pour certains, la génération d'une nouvelle idée de produit semble se produire par elle-même ou être inexplicable. Ce qui serait considéré important, c'est la collection et la sélection des idées. Les idées tendraient à être considérées comme toutes faites et complètes, prêtes pour être sélectionnées ou rejetées, et les critères de sélection seraient de la même façon considérés fixes. Pour Schön, c'est un point de vue associationniste qui ne laisserait aucune place pour des changements mutuels essentiels à la formation de concepts. Or, toutes formations de nouveaux concepts, tous changements dans les concepts, impliqueraient la découverte du monde, c.-à-d. le développement d'une nouvelle façon de voir le monde [Schön, 1963]. Les processus d'invention et de développement de produits peuvent être perçus comme deux sortes de développement issues d'un seul processus sous-jacent que Schön appelle le « déplacement de concepts ». Le déplacement de concepts est un processus dans lequel les vieux concepts (les concepts connus) sont utilisés comme modèle de projection dans de nouvelles situations, et deviennent alors eux-mêmes perçus différemment. Le déplacement de concepts est ni plus ni moins qu'un processus métaphorique [Schön, 1963]. Pour Schön, la génération de concepts n'est pas spontanée mais plutôt un processus évolutionnaire. Il y a de la nouveauté dans la formation des concepts. Les nouveaux concepts ne seraient pas des illusions ni des recombinaisons de vieux concepts. Ils ne jailliraient pas de rien ou d'une source mystérieuse externe. Selon le processus mentionné précédemment, ils proviendraient des vieux concepts qui sont utilisés comme projection dans de nouvelles situations faisant voir ces vieux concepts selon de nouvelles façons [Schön, 1963]. Les concepts « génèreraient » des

concepts! Vu de cette façon, les concepts qui expriment les idées, sont soumis à une logique récurrente, ou logique de complexité, enjoignant de penser les choses dans leur co-production et co-génération mutuelles [Fortin, 2005]. La GC serait donc un processus complexe, lequel impliquerait une démarche de découverte assumant que des concepts solutionnant les problèmes « existent » et qu'il s'agit pour les concepteurs de les « trouver ».

La théorie C-K de la conception élaborée par Hatchuel et Weil, explique que la conception (ou génération de concepts de produit) consisterait à transformer un *concept* (ici, le mot « concept » en italique est une proposition sans statut logique telle qu'expliquée dans la section 2.3.1), appartenant à l'espace des *concepts* « C », en *connaissance* (proposition avec un statut logique) ou en question logique, appartenant à l'espace des *connaissances* « K », en alternant d'un domaine à l'autre via un processus de questionnement-validation. Les espaces « C » et « K » sont indissociables tout en étant distincts et leur dualisme constitue une condition de possibilité d'expansion de l'espace des *connaissances* et de celui des *concepts* [Hatchuel et Weil, 2002].

Les sciences cognitives permettent de décrire la GC d'une manière éclairante. Ainsi, Kahneman a développé un modèle cognitif de l'être humain reposant sur une métaphore mettant en interaction deux systèmes en action pendant l'éveil de l'individu : le *Système 1* associé à la pensée rapide (pensée intuitive) et le *Système 2* associé à la pensée lente (pensée analytique) [Kahneman, 2011]. Le modèle de Kahneman se compare à l'image du « cerveau à deux étages » proposée par l'ingénieur-sociologue-philosophe Moles. Ce dernier associe ces deux parties du cerveau à la machine humaine de traitement de l'information : « l'une à faible débit mais à grande vitesse, qui traite – grossièrement mais rapidement – les aspects les plus rudimentaires de l'information sensorielle, l'autre, dérivée et branchée sur la précédente, qui traite avec soin, avec logique mais avec des délais substantiels, les mêmes données en les épurant, les élaborant, les rationalisant » [Moles, 1995]. Moles relie le « 2^e étage » du cerveau à la pensée mathématique, un « luxe de la pensée » nécessitant du temps de réflexion. Guntern, psychiatre de formation s'intéressant à la créativité, utilise quant à lui les termes

« intuition » et « extuition »¹⁸ pour signifier sensiblement les mêmes éléments identifiés par Kahneman et Moles [Guntern, 2001]. En mode de « découverte », l'individu ferait donc intervenir le *Système 2*. Cependant, le *Système 1*, comme il est toujours actif, connecterait continuellement de façon subconsciente l'information déjà détenue par le concepteur avec celle qu'il accumule par abduction. Le *Système 2*, quant à lui, permettrait des connexions conscientes entre différents concepts. Ces derniers processus sont nommés *infralogiques* par Moles qu'il présente comme des processus récurrents plus inductifs que déductifs, permettant d'enchaîner des concepts avec une présomption de vérité, une sorte d'évidence ou avec un minimum de conviction et qui constituent des outils pour traiter de la complexité du réel [Moles, 1995]. Ainsi, le *Système 2* « bâtirait » de nouveaux concepts de façon consciente et le *Système 1* le ferait de façon subconsciente.

La plus grande part de ce qu'un individu pense et fait proviendrait de son *Système 1*, mais le *Système 2* prendrait le dessus quand les choses se corsent et il aurait normalement le dernier mot. De plus, le *Système 2* détiendrait une certaine capacité à changer la façon dont le *Système 1* fonctionne en programmant les fonctions normalement automatiques de l'attention et de la mémoire [Kahneman, 2011].

La « machinerie de la pensée intuitive » mentionnée précédemment est accolée au *Système 1*. Ce système opèrerait automatiquement et rapidement chez l'individu, sans ou avec très peu d'effort et en l'absence d'une impression de contrôle volontaire. Le *Système 2*, par contre, dirigerait l'attention de l'individu aux activités mentales exigeant un effort qui le demandent, incluant les computations complexes. La caractéristique principale du *Système 2* serait la « paresse », une réticence à investir plus d'efforts que ce qui est strictement nécessaire. Ainsi, tant qu'aucune chose étrange n'est détectée, le *Système 2* accepterait les impressions du *Système 1*. Mais lorsque le *Système 1* se retrouve en difficulté, quand un problème difficile est

¹⁸ « L'intuition est la capacité à saisir un fait complexe en une fraction de seconde. Elle fonctionne en jetant un pont entre l'individu et son environnement, en s'identifiant par empathie avec l'objet qui suscite l'intérêt et en saisissant la chose dans son ensemble de l'intérieur. À ce mécanisme de la perception et du jugement holiste (holos, « entier ») et moniste (monos, « seul ») s'oppose la perception et le jugement analytique et dualiste pour lesquels nous n'avons pas de termes spécifiques et que nous devrions logiquement appeler extuition. Pourquoi extuition? Parce qu'elle ouvre brusquement un fossé artificiel entre l'individu et le monde extérieur, parce qu'elle érige l'individu en sujet actif et réduit le monde à un objet passif et parce qu'elle observe ce monde à distance, objectivement, et porte sur lui un jugement » [Guntern, 2001].

défecté ou lorsque quelque chose d'inattendu ou d'improbable est repérée, le *Système 2* viendrait à la rescousse du *Système 1*.

L'intuition, qui a été associée au *Système 1* de Kahneman, occupe une place éminente en GC. La théorie de Santiago développée par les deux scientifiques chiliens Maturana et Varela, « démontre que tous les aspects de la vie, tous niveaux confondus, matière et esprit, processus et structure, sont inséparablement connectés les uns aux autres et s'influencent en permanence l'un l'autre. On voit bien comment l'intuition, dont l'une des fonctions premières est d'établir des relations créatives aux seins d'univers complexes, est par nature l'outil adapté à ce nouveau paradigme révélé par la science cognitive » [Cholle, 2007]. De plus, les observations de Maturana et Varela « sembleraient indiquer que les mystérieuses activités psychiques qui occupent plus de la majorité de notre matière grise consistent à penser et repenser de façon subconsciente nos réflexions et expériences antérieures » [Cholle, 2007]. Cela colle assez bien à la réflexion de Guntern : « une fois stimulée, la créativité continue de s'autostimuler » [Guntern, 2001]. Morin considère d'ailleurs les idées comme des êtres et des existants de quatrième type, c.-à-d. des êtres d'esprit muni d'une autonomie, d'une vie qui est la vie même de l'esprit [Fortin, 2005]. « La vie des idées réside dans leur organisation. Les idées s'auto-organisent, se régénèrent, se multiplient, croissent, naissent et meurent au sein des écosystèmes humain et culturel » [Fortin, 2005]. L'intuition est donc utile, « non dans son pouvoir à nous donner la bonne réponse mais bien plus dans sa capacité à pointer notre attention vers l'invisible. L'intuition fonctionne comme un miroir reflétant une image intérieure, une représentation jusqu'alors inconsciente [Cholle, 2007] L'intuition ne serait qu'une reconnaissance¹⁹ selon Herbert Simon [Kahneman, 2011].

Ainsi, la génération de concepts en DP dans une situation simple ou dans un domaine de pratique d'un expert détenant les compétences appropriées, ferait référence essentiellement à l'opération du concepteur consistant à sélectionner dans son cerveau, des concepts qu'il articule au moyen d'un substrat physique tels un croquis, un dessin, un prototype, une

¹⁹ Reconnaissance : « Action de reconnaître des données perçues en les comparant au souvenir de données identiques fixées dans la mémoire » [Québec. Office québécois de la langue française (2012). Définition de reconnaissance. In Le grand dictionnaire terminologique], [En ligne]. <http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/Resultat.aspx> (Page consultée le 7 juillet 2013).

équation mathématique, des mots, etc. en réponse à une problématique de DP, exprimée aux moyens de ses connaissances organisées sur les besoins des clients, les paramètres de conception et les fonctions du produit. Dans les cas plus complexes faisant intervenir de nouvelles connaissances nécessitant de la découverte, le concepteur devrait utiliser la capacité de ses deux « systèmes cognitifs » (appelés *Système 1* et *Système 2* ou 1^{er} et 2^e étage du cerveau ou encore intuition et « extuition »), dans un processus créatif, métaphorique et *infralogique* appliquant une logique d'abduction ou de questionnement-validation, pour découvrir de nouveaux concepts consciemment et subconsciemment, à partir de ce qu'il connaît déjà et de ce qu'il apprend de sources externes.

Cette définition de la GC laisse entrevoir des difficultés potentielles notamment à l'égard de l'utilisation efficace des deux systèmes cognitifs définis par Kahneman. La prochaine section se consacre à l'importance de la GC.

2.5.2 L'importance de la GC

La génération de concepts (GC) constituerait, en quelque sorte, l'acte ultime de création dans le système de DP. Sa criticité découle directement de l'importance qui a été attribuée aux concepts de produits dans la section 2.3.3. En fait, la création est si capitale, que les organisations devraient être à son service et non l'inverse comme il aurait été constaté [Gaudin et L'Yvonnet, 2003].

Le DC ne se limite pas à la GC tel que dit dans la section 2.4.1. L'identification et l'analyse des besoins des clients ainsi que la sélection des concepts mûrs pour l'ID [Keinonen *et al.*, 2006] par exemple, constituent des activités importantes du DC. Cependant, la GC trônerait au-dessus de ces activités. Ainsi, dans des conditions de grandes incertitudes de marché, ignorer le marché serait la voie à suivre [Cattani, 2004]. En effet, Steve Jobs d'Apple ne se serait jamais soucié des études de marché dans la création de ses produits car il croyait qu'il fallait devancer les désirs des clients [Isaacson, 2011]. Par ailleurs, la sélection des meilleurs concepts de produits s'effectuera, par définition, sur des concepts qui auront été nécessairement et préalablement générés. De plus, si la sélection s'effectue parmi un ensemble de concepts de grande valeur, il est argué que la probabilité d'effectuer une bonne sélection

serait augmentée. Ces faits plaident donc en faveur de la GC, à l'effet qu'elle constitue l'activité la plus importante du DC.

Dans la section 2.3.2, en réexaminant la GC avec les lunettes de la théorie C-K, la GC peut être assimilée au processus ultime de conception. Or, selon Hatchuel et Weil, le mécanisme de l'apprentissage serait supporté par une théorie de la conception [Hatchuel et Weil, 2002]. Mais il s'avèrerait que le processus de conception pourrait être considéré comme étant un processus de *sensemaking* et que le *sensemaking* réciproquement, pourrait être vu comme un processus de conception [Autissier *et al.*, 2006]. La GC serait donc concurremment un processus de conception, un processus d'apprentissage et un processus de *sensemaking*. Voilà toute la richesse de la GC.

2.5.3 Les difficultés de la GC

La GC demeure encore un processus mal compris. Elle ne peut pas être planifiée dans le sens d'obtenir un résultat prédéterminé, mais elle peut être organisée et gérée comme un système cependant [Crawford, 1983]. Selon Keinonen *et al.*, il est difficile, voire impossible, de spécifier un processus étape par étape pour la GC, car la créativité et la libre exploration jouent le plus grand rôle. Il pourrait être argué que les plus importants outils méthodologiques pour la création de concepts sont ceux supportant la créativité et l'innovation ensemble et ceux aidant à visualiser les solutions par les concepteurs eux-mêmes et par l'auditoire associé au projet [Keinonen *et al.*, 2006]. Mais, pour plusieurs ingénieurs, la créativité est une notion nébuleuse qui s'incorpore difficilement dans le monde quantitatif précis du génie [Thompson et Lordan, 1999].

La GC pourrait paraître une étape aisée du DC pour certains ingénieurs détenant l'expertise. Cela est probablement et effectivement le cas parfois. Mais la GC demeure une activité imprévisible, une activité de nature complexe. Sous des dehors parfois anodins, la GC cacherait en fait de grandes difficultés. Elle recèlerait même plusieurs pièges. Maintes fois, elle pourrait donc se montrer difficile.

Cette section identifie certaines de ces difficultés devant être surmontées et quelques pièges à éviter pour favoriser la créativité menant à la découverte de nouveaux concepts de grande valeur. Mais au bout du compte, rien ne garantit le succès de la GC à tout coup. Tout au plus, il est possible d'augmenter les probabilités de réussite de la GC. Et c'est ce qui est visé ultimement par la présente recherche.

Les difficultés reliées à la complexité

Comme mentionné dans la section 2.5.1, la GC consisterait pour un concepteur à « sélectionner » ou à « bricoler » un concept en consultant et en cherchant dans un « réservoir », son cerveau. Ce cerveau est en effet nourri de concepts émanant de diverses sources externes et d'expériences vécues par le concepteur. Même que selon certaines théories, les concepts, ou du moins de grandes catégorisations de base, pourraient être universels et innés [Reboul et Moeschler, 1998]. Or, la capacité de schémas mentaux du cerveau serait pratiquement illimitée [Gelb, 2004], le monde des expériences qui alimentent les significations du concepteur serait infini [Myers et Myers, 1984], les espaces des concepts et des connaissances, selon la théorie C-K, seraient des ensembles indéfiniment « expansibles » [Hatchuel et Weil, 2002], et les alternatives de conception possibles seraient typiquement infinies [Michalek, 2005]. Ainsi, « choisir »²⁰ un concept parmi une infinité de possibilités apparaît comme une tâche plutôt ardue pour le concepteur, le plaçant en face d'un problème immensément complexe. Les acteurs seraient confrontés à un « hyperchoix », terme utilisé par Alvin Toffler et repris par Gaudin et L'Yvonnet, signifiant le trop large éventail des possibilités et la désorientation qu'il génère [Gaudin et L'Yvonnet, 2003]. Schwartz parle du « paradoxe du choix » : la liberté de choix parmi l'abondance serait d'abord perçue comme une vertu mais dans les faits, elle apparaît ne pas procurer autant de satisfaction chez les individus [Schwartz, 2005]. Quel concept choisir? Comment savoir si ce « choix » est satisfaisant ou s'il est possible de faire mieux? Combien de temps devrait être consacré à la

²⁰ Le cerveau est un réservoir de concepts qui s'alimente de nos expériences. D'une certaine manière donc, les concepts existent et prennent forme dans ce cerveau. La « génération de concepts » ne serait en fait qu'un « processus de découverte » de ces concepts qui aboutirait à faire des « choix » parmi les découvertes. Le concepteur « choisi » des concepts dans son cerveau et ces concepts constituent les fruits de sa « génération de concepts ». On pourrait parler de « présélection des concepts » qui se passe dans la tête d'un individu. Il ne s'agit donc pas de l'activité de sélection de concepts consistant à ultimement faire le choix du meilleur concept parmi ceux générés par les concepteurs individuellement ou collectivement.

GC? La GC placerait donc le concepteur en situation complexe. Or, selon Simon, « confronté à un stimulus complexe, le sujet y perçoit ce qu'il est « prêt » à y percevoir : plus le stimulus est complexe ou ambigu, plus la perception du sujet est déterminée par ce qui est déjà « en » lui, et moins par ce qui est « dans » le stimulus [Simon, 1983]. Ce que Simon révèle finalement n'est qu'un autre obstacle à la GC, limitant la recherche de nouveaux concepts de produits. Fait à noter, la notion de « choix » est grandement facilitée dans la phase de l'ingénierie de détail (ID) puisqu'à ce moment, les incertitudes se réduisent et les choix se circonscrivent. En fait, l'éventail de composantes possibles est réduit et dénombrable (par exemple les composantes standards : les vis, les profilés et tôles d'acier, les types de matériau, etc.) et les capacités de procédés de production sont limitées.

La complexité de la GC impliquerait aussi que deux concepteurs de « styles différents » aboutiraient à des concepts dissemblables pour un même projet. Le style est défini ici comme une façon particulière de faire les choses, choisie parmi d'autres façons alternatives [Simon, 1971]. Par exemple, un architecte concevant un bâtiment de l'intérieur vers l'extérieur obtiendra un résultat passablement différent d'un autre architecte procédant de l'extérieur vers l'intérieur, et ce, même s'ils s'entendent sur les caractéristiques que le bâtiment doit posséder [Simon, 2004]. Les variantes de concepts obtenues par les différents styles de concepteurs seraient désirables cependant, pour la simple raison d'augmenter les chances de trouver un concept de grande valeur en ratissant plus large dans l'espace des concepts [Ward *et al.*, 1995]. Plus les concepts sont aux antipodes les uns par rapport aux autres et qu'ils peuvent être synthétisés en un méta-concept, plus le saut créatif est grand [Guntern, 2001]. Par ailleurs, Gaudin et L'Yvonnet suggèrent que l'application de règles et d'une certaine discipline librement consenties, permettent dans certains cas de « renforcer l'énergie créative ». Par exemple, « [un] ébéniste, pour aboutir à une œuvre doit passer par tout un parcours d'apprentissage de sa discipline et de confrontation avec les matériaux à travailler. C'est seulement lorsqu'il aura passé un long temps à s'imprégner des contraintes qu'il pourra s'en affranchir » [Gaudin et L'Yvonnet, 2003].

Les difficultés reliées à certains aspects psychologiques

La GC, pour mieux la comprendre dans le but éventuel d'améliorer la performance des acteurs du DP, nécessite un recours à la psychologie, puisque la GC repose notamment sur des processus mentaux tels que discutés dans la section précédente. D'ailleurs, Deming, ingénieur et docteur en physique mathématique, dans sa quête d'amélioration des entreprises et sa détermination à transformer le style de management prévalant, recourait à cette science [Deming, 1994].

L'acteur du DP devrait rester continuellement vigilant et répondre promptement aux sentiments de complaisance, d'arrogance et de suffisance découlant des succès relatifs aux concepts de produits générés par le passé. C'est ce que Harari nomme le « danger du succès » [Harari, 1993]. L'acteur du DP oublierait de garder à l'esprit qu'il y a toujours place à l'amélioration. Ce qui a été bon pendant une période, ne le sera peut-être plus à une autre époque.

L'acteur du DP pourrait aussi être en proie à un surcroît de confiance en GC. Le surcroît de confiance, un phénomène humain, peut affecter n'importe qui y compris les experts. Ces derniers se tromperaient fréquemment par surcroît de confiance à la lumière des propos de Kahneman : *“The unrecognized limits of professional skill help explain why experts are often overconfident”* [Kahneman, 2011]. Le surcroît de confiance constitue un des biais de jugement les plus robustes documentés dans la littérature en psychologie. Le surcroît de confiance signifie que l'individu a tendance à utiliser un intervalle de confiance trop étroit lorsqu'il estime une quantité inconnue, causant un taux élevé de prédictions incorrectes [Stermann, 2000]. L'acteur de DP pourrait de la sorte sous-évaluer ou surévaluer la valeur d'un concept. Pour Russo et Schoemaker, le surcroît de confiance serait dû à l'ignorance de la méta-connaissance. La méta-connaissance est une auto appréciation de ce qu'un individu connaît et de ce qu'il ne connaît pas. Elle serait même plus importante que la connaissance primaire. Par exemple, savoir quand aller consulter un avocat ou un médecin (méta-connaissance) serait plus important que la quantité de connaissances qu'un individu détient en droit ou en médecine (connaissances primaires) [Russo et Schoemaker, 1992]. Pour aiguïser le sens d'un acteur du DP à reconnaître lui-même ce qu'il connaît et ce qu'il ne connaît pas, il devrait

d'abord l'admettre et utiliser ensuite le feedback et la responsabilisation. Un feedback juste, opportun et précis permet à l'individu de constater jusqu'à quel point son estimation a raté la cible. La responsabilisation force l'individu à confronter ce feedback, à recalibrer sa perception par rapport à sa connaissance primaire et à modérer ses opinions en conséquence [Russo et Schoemaker, 1992]. Quand une personne s'ouvre à son environnement et qu'elle observe avec attention l'effet de ses gestes sur celui-ci, elle profiterait d'enseignements continuels émanant de son milieu de travail [Guildersleeve, 2003]. L'acteur du DP devrait donc être positivement sensible aux critiques de ses concepts de produits et qui plus est, démontrer une grande disposition à provoquer les feedbacks sur ceux-ci.

L'acteur du DP pourrait également surévaluer les concepts qu'il a lui-même générés simplement parce qu'il les « aime », parce ces concepts « viennent de lui », qu'ils « lui appartiennent » [Ariely, 2009]. Il deviendrait pour ainsi dire, « possédé » par ses idées [Fortin, 2005]. En outre, « [...] la fascination d'un outil peut aussi produire des effets négatifs, une restriction du champ de perception. Les Américains ont un proverbe pour dire cela : “ *When you only have a hammer, everything looks like a nail.* ” » [Gaudin et L'Yvonnet, 2003]. Cette « maladie de l'appropriation », relative à l'irrationalité de l'être humain, serait difficilement curable. En être conscient pourrait aider toutefois à en atténuer les effets [Ariely, 2009].

L'acteur du DP est sujet à l'aversion à l'ambiguïté. Il a été démontré en effet, que les individus en mode décisionnel préfèrent les mises claires aux mises floues [Fox et Tversky, 1995]. Prendre un risque mesurable, faisant appel à la logique, est moins inconfortable que prendre une décision dans un contexte ambigu qui repose sur les émotions [Cholle, 2007]. Un acteur du DP pourrait donc être inconfortable dans la GC puisqu'elle représente une activité fondamentalement constituée de données floues sur lesquelles reposent les décisions. Mal à l'aise dans son inaction face à ce problème flou, ce genre d'acteur pourrait même en venir à « créer une solution » pour atténuer son inquiétude [Morel, 2012]. L'intuition est d'ailleurs entravée par le mode actif excessif de « l'homme 100% action » [Guntern, 2001]. Escompter obtenir un concept de produit de grande valeur dans cette situation, relèverait donc du domaine du miracle!

Cette idée d'inconfort manifesté par certains acteurs du DP dans une activité de GC pourrait signifier qu'ils ne détiendraient pas le style créatif adapté à ce genre d'activité. Il semble en effet, selon ce que les chercheurs Thompson et Lordan rapportent, qu'il existerait de tels styles. Ces chercheurs en génie mécanique insistent d'ailleurs sur l'importance de la reconnaissance du style créatif des concepteurs en ingénierie par leurs gestionnaires. Ils identifient le style créatif sur un continuum partant d'un style extrêmement adaptatif (individu préférant les changements incrémentaux) au style extrêmement innovateur (individu préférant les grands changements). Les individus adaptatifs vont travailler à l'intérieur des contraintes données et ils vont chercher à améliorer quelque chose d'existant. Les individus innovateurs tendent à travailler hors des contraintes en cherchant des solutions totalement différentes des idées existantes. La combinaison d'individus adaptatifs et innovateurs, chacun des styles reconnaissant les talents de l'autre et manifestant de la créativité à leur manière propre, constituerait une puissante composition dans une équipe de conception. La créativité globale pourrait grandement en être améliorée selon les chercheurs [Thompson et Lordan, 1999].

Selon les recherches de Kahneman mentionnées à la section 2.5.1, le *Système 1* associé à l'intuition détiendrait une première limitation relative à ses biais, des erreurs systématiques qu'il serait enclin à faire dans des circonstances spécifiques. Sans l'apport du *Système 2*, que le *Système 1* aurait en quelque sorte déjoué, l'individu pourrait ainsi prendre de mauvaises décisions ou des décisions non rationnelles [Kahneman, 2011]. En GC, un concepteur pourrait ainsi choisir instinctivement un concept dans ses connaissances lui apparaissant approprié, en croyant à tort qu'il constitue le meilleur candidat à la solution du problème de DP, par manque d'expérience, par excès de confiance ou par manque de temps. Il aurait eu tout intérêt à utiliser son *Système 2*, pour pousser sa réflexion et augmenter la probabilité d'obtenir un concept plus satisfaisant. Mais l'utilisation du *Système 2* demande un effort comme mentionné auparavant, effort que les individus ne sont pas toujours disposés à fournir. L'autre limitation du *Système 1* est qu'il ne peut pas être éteint [Kahneman, 2011]. Il est toujours actif, toujours prêt à aider ou à jouer des tours!

Tel que mentionné, le *Système 2* demande de la concentration et de l'effort. Or, en situation d'intense concentration sur une tâche, un stimulus qui attirerait normalement l'attention de

l'individu peut passer complètement inaperçu. Une personne pourrait donc ne pas reconnaître l'évidence. Elle ne reconnaîtrait pas non plus son propre aveuglement. L'individu peut faire plusieurs choses en même temps mais seulement quand elles sont faciles et peu exigeantes [Kahneman, 2011]. En GC, un concepteur pourrait ainsi dépenser énormément d'effort et de concentration sur un concept pour l'analyser ou le raffiner, ce qui nécessiterait l'abandon de toutes recherches de nouveaux concepts, et une baisse d'attention à l'égard des concepts de plus grande valeur pouvant se présenter à lui.

Les difficultés liées aux compétences des acteurs du développement de produits

Dans la théorie de la conception axiomatique (*Axiomatic Design* ou AD), on définit la *complexité imaginaire* comme l'incertitude causée par le manque de connaissances et de compréhension du design spécifique manifesté par le concepteur. Bien que l'ignorance du concepteur soit difficile à mesurer effectivement, son existence et son effet sur l'incertitude à satisfaire les requis fonctionnels sont réels [Lee, 2003]. Un concepteur « ignorant » peut générer plusieurs concepts. Cependant, la création d'un bon concept reposerait beaucoup plus sur la chance que sur ses connaissances. Le concepteur a donc tout intérêt à connaître le domaine technologique du produit et les processus de conception de façon, non pas à garantir la génération de concepts de grande valeur à tout coup, mais à augmenter la probabilité d'y parvenir. Louis Pasteur aurait dit d'ailleurs que la chance agit en faveur de l'esprit bien préparé [Cholle, 2007; Guntern, 2001].

Selon la théorie C-K, « le processus de double expansion C-K permet d'expliquer l'existence observable de deux grandes classes d'innovation... » [Hatchuel et Weil, 2002]. Il y a d'abord les « innovations conceptuelles » occasionnant la surprise maximale du concepteur, ne mobilisant que des connaissances très répandues ou très localement étendues, et les « innovations faussement applicatives », mobilisant des connaissances rares et un développement conceptuel limité. Ces deux situations « ne sont plus que les points extrêmes d'un vaste continuum » [Hatchuel et Weil, 2002]. Mais bien connaître le domaine technologique du produit n'est pas suffisant. Hatchuel et Weil expliquent que les « innovations faussement applicatives » pourraient faire croire, de façon fallacieuse, que la connaissance des

sciences de base soit suffisante pour être un bon concepteur industriel, que la conception ne serait qu'une déduction logique de la science [Hatchuel et Weil, 2002].

En fait, la GC en DP exigerait d'autres types de connaissances que seulement celles reliées aux sciences dites exactes, telles les sciences physiques prenant une place prépondérante dans le cursus de formation des ingénieurs. Le même besoin en design industriel est exprimé par Elam du *Ringling College of Art and Design*, qui déplore qu'à sa sortie du collège, bien qu'elle détenait une connaissance considérable à propos des formes, elle n'ait acquis que très peu de connaissances sur la compréhension de la perception humaine et la recherche de signification [Linwell *et al.*, 2010]. La psychologue Weinschenk s'est par ailleurs intéressée à la psychologie du design afin d'améliorer la conception en expliquant comment les individus pensent et décident par rapport à l'adoption et l'utilisation d'un produit [Weinschenk, 2011]. Revenant aux ingénieurs, ceux-ci seraient de fait démunis lorsqu'ils affrontent des situations dans lesquelles les aspects moraux et humains priment [Feneuille, 2002]. Ils ne seraient pas outillés pour expliquer les problèmes dont les causes ne suffisent pas à décrire la réalité [Feneuille, 2002]. De plus, beaucoup d'ingénieurs manifesteraient une carence de capacité en relations humaines [Guillou, 2002]. Il semble par ailleurs que les sciences humaines ou sociales seraient mieux nanties et plus avancées sur le plan épistémologique que les sciences « dures » pour faire face aux phénomènes complexes, car elles ont dû développer une logique du probable et de l'imprécis étant confrontées à des phénomènes imprécis et des concepts vagues [Moles, 1995]. Il semblerait également souhaitable que la formation des ingénieurs favorise leur créativité [Guillou, 2002]. Le manque de culture de l'ingénieur serait aussi observé. La formation des ingénieurs devrait ainsi encourager le généralisme, les aptitudes à la synthèse dans un cheminement d'ouverture et de variété, permettant à ces professionnels de se constituer un corpus de concepts et de garnir leurs espaces de représentations [Feneuille, 2002]. Par ailleurs, le but de l'université devrait consister à préparer les étudiants pour le futur, non pour le passé [Deming, 1994].

Pour Moles, la pensée scientifique passerait par les étapes génétiques, commençant d'abord par « l'inexact » pour aboutir ensuite à « l'exact ». « [...] L'inexact est plus proche de la mobilité mentale dans le champ des possibles et de l'univers de la découverte, alors que

l'univers de l'exactitude est plus proche de la contrainte et de l'achèvement d'une solution élégante [...] » [Moles, 1995]. La GC relèverait donc des sciences de l'inexact puisqu'elle s'effectue de toute évidence, dans cet univers de découverte. Ainsi, il pourrait être envisagé que les outils méthodologiques utilisés en sciences humaines pour le traitement de l'imprécis, puissent se combiner avantageusement à l'arsenal des méthodes mathématiques déjà enseignées aux ingénieurs.

Les difficultés liées à l'environnement de travail

Pour inciter la créativité, les dirigeants devraient veiller à ne pas surmener ou soumettre leurs employés à des contraintes de temps exagérées. Plus un individu est pris par le temps, moins la capacité d'innovation serait présente [Amabile *et al.*, 2002]. De plus, un environnement de travail adéquat contribuerait à réduire l'anxiété, facteur d'inhibition de la créativité [Lambert-Chan, 2007]. L'intuition fonctionnerait à son meilleur dans une atmosphère détendue [Guntern, 2001].

L'entreprise, selon Abrahamson, devrait même prôner un certain flou dans l'organisation puisque « les systèmes ordonnés ont tendance à répondre avec trop de rigidité et de lenteur à une demande changeante... Un bureau mal rangé permet de mettre en contact des choses qui, dans un monde ordonné, cloisonné, ne se seraient pas rencontrées » [Guibert, 2008]. Les gestionnaires auraient à cet égard leur part de responsabilité dans l'établissement d'un environnement propice à l'expression de la créativité de leurs employés [Guntern, 2001].

En résumé, l'acteur du DP devrait d'abord se conscientiser et se responsabiliser face à l'importance de la GC mais aussi, à l'égard des difficultés et aux pièges qui le guettent. Il devrait faire preuve d'une forme d'humilité devant le problème qui se présente à lui et s'ouvrir à la critique des concepts de produits qu'il aura générés. Il devrait consentir des efforts à la GC en utilisant adéquatement ses capacités intuitives et analytiques. Il devrait détenir des connaissances techniques suffisantes du domaine du produit mais aussi des méthodologies issues autant des sciences dites « exactes » que celles dites « inexactes ». Enfin, le gestionnaire de DP aurait un rôle prépondérant à créer un atmosphère propice à la GC.

2.6 La performance des acteurs du DP en DC

Pour espérer performer en DC, il s'agirait notamment de faire fonctionner sa pensée analytique et rationnelle de façon sérieuse, tout en donnant à l'intuition la place qu'elle mérite.

Le grand mathématicien français Henri Poincaré disait d'ailleurs que « c'est par la logique que l'on prouve et par l'intuition que l'on découvre ». Le docteur Jonas Salk, l'inventeur du vaccin contre la poliomyélite, déclarait quant à lui que « l'esprit intuitif montre à l'esprit logique dans quelle direction pointer » [Cholle, 2011].

Afin que l'acteur du DP utilise ses pleines capacités cognitives, il faudrait d'abord qu'il en prenne conscience...

2.6.1 Les capacités cognitives des acteurs du DP

La performance en DC, et notamment en GC, implique l'utilisation des capacités cognitives des acteurs du DP telles qu'évoquées dans la section 2.5. Ainsi, les acteurs du DP pourraient s'investir corps et âme en DC mais ils seraient néanmoins limités par leurs capacités cognitives respectives. Il est cependant possible de développer ces capacités [Sternberg, 1988]. Bien que leur développement ne constitue pas directement l'objet de la présente recherche, quelques éléments de la théorie de l'intelligence élaborée par Sternberg, sont empruntés ici.

Sternberg mentionne que « l'intelligence » est un concept inventé afin de fournir une façon utile d'évaluer les individus et occasionnellement les classer selon leurs performances relatives à des tâches et des situations valorisées par la culture. C'est donc essentiellement une invention culturelle pour tenir compte du fait que certaines personnes sont capables de réussir mieux que d'autres dans leur environnement [Sternberg, 1988].

Sternberg théorise l'intelligence et la décompose en trois capacités interreliées à savoir l'intelligence analytique (ou de réflexion), l'intelligence créative (ou intuitive) et l'intelligence pratique (ou d'expertise). L'intelligence analytique concerne les processus mentaux de résolution de problèmes. L'intelligence créative utilise l'expérience dans des façons favorisant la perspicacité. Elle représente une capacité de synthèse, une capacité à accueillir la

nouveauté. Enfin, l'intelligence pratique est une capacité à interpréter et à s'adapter aux contextes de la vie de tous les jours. Elle correspond à la capacité à appliquer les capacités mentales [Sternberg, 1988]. Par ailleurs, il semble que les psychologues contemporains s'entendent pour définir l'intelligence comme la faculté de résoudre des problèmes [Fournier *et al.*, 2004].

Un rapprochement pourrait être fait entre l'intelligence analytique de Sternberg et le *système 2* de Kahneman [Kahneman, 2011], le « 2^e étage du cerveau » de Moles [Moles, 1995] et « l'extuition » de Guntern [Guntern, 2001] relatés dans la section 2.5. De même, l'intelligence créative pourrait être rapprochée au *système 1* de Kahneman, au « 1^{er} étage du cerveau » de Moles, à l'intuition de Guntern, et à l'intelligence intuitive de Cholle [Cholle, 2007]. Quant à l'intelligence pratique, elle serait une manière d'utiliser efficacement les deux autres capacités. Il faudrait en effet utiliser l'intuition et « l'extuition » à bon escient [Guntern, 2001] et ne pas simplement se fier sur ses jugements intuitifs, mais ne pas les rejeter non plus [Kahneman, 2011]. Keifer et Stroh suggèrent d'intégrer l'intuition à la raison en utilisant l'intuition pour guider ses analyses et continuellement soumettre ses intuitions à un examen rationnel [Keifer et Stroh, 1984]. Pour Martin, les entreprises les plus prospères pour les années à venir sauront établir un équilibre entre une maîtrise analytique et une originalité intuitive interagissant l'une sur l'autre, faisant référence au *design thinking* [Martin, 2009]. L'acteur de DP devrait donc utiliser ses « intelligences » intelligemment!

Mintzberg voit d'ailleurs la gestion à la fois comme un art, un artisanat et une science. « [L'art] apporte les idées et l'intégration. [L'artisanat] permet les connexions à partir des expériences tangibles. [La science] procure l'ordre au moyen de l'analyse systématique de la connaissance » [Mintzberg, 2013]. Pour ce chercheur, la gestion efficace consisterait à se situer au centre du triangle Art-Artisanat-Science, c.-à-d. un mélange judicieux de créativité, d'apprentissage pratique et d'analyse.

En somme, plus l'acteur du DP détiendrait des capacités cognitives supérieures, utilisées judicieusement, plus il serait probable qu'il performe en DC. Mais est-ce suffisant? Avant de s'investir dans une activité, l'acteur ne devrait-il pas au minimum manifester un certain

intérêt? Un individu même muni de grandes capacités cognitives, s'il n'est pas intéressé par une activité, si cette activité n'a pas de sens pour lui, il semble moins probable qu'il performe et encore moins qu'il cherche à s'améliorer. L'intelligence serait de fait au service des besoins et des désirs de l'être humain [Fournier *et al.*, 2004]. Avant de « pouvoir », ne faudrait-il donc pas « vouloir »? N'y aurait-il donc pas un autre élément « contrôlant » en quelque sorte les capacités cognitives?

2.6.2 La création de sens en DC

Le DC (et particulièrement la GC) est éminemment important, voire vitale pour la pérennité de l'entreprise, mais tel que relaté, il est en même temps parsemé d'embûches. Comme il a été montré, la GC peut être perçue et vécues bien différemment par les acteurs du DP selon les situations, les styles créatifs, ou autres. Elle pourrait parfois être facile à réaliser, il va sans dire. Néanmoins, la plupart du temps, elle exigerait des acteurs du DP qu'ils déploient des efforts à sa réalisation pour espérer une performance convenable.

Comment donc engager les acteurs du DP à performer en DC? Comment leur transmettre la conviction des scientifiques à l'égard du potentiel énorme d'amélioration se trouvant au sein du DC comme mentionné dans la section 2.4.2? La littérature du domaine du DP demeure peu éloquente à cet égard.

Il existe pourtant plusieurs outils méthodologiques pour aider les acteurs du DP à performer en DC. Ceci a été abordé précédemment. Les acteurs du DP n'auraient donc qu'à apprendre et utiliser ces outils pour améliorer leur performance. Et selon ce que certains chercheurs prétendent, il suffirait de faciliter l'apprentissage de ces outils et d'en réduire le temps d'application pour les engager à les utiliser [Gauthier, 1997; Thouvenin, 2002]. Ces seuls ingrédients suffiraient donc à convaincre les acteurs du DP? Certes, la facilité d'apprentissage ainsi que la réduction du temps d'application favorisent l'appropriation d'un nouvel outil ou l'investissement personnel dans une activité, mais l'argument demeure faible. En effet, il existe des outils sophistiqués, exigeant des efforts élevés d'apprentissage et beaucoup de temps d'application (par exemple les logiciels de CAO et d'analyse en ingénierie) pour lesquels des acteurs du DP se dédient sans compter. Ne faudrait-il pas d'abord que les acteurs

croient à l'efficacité ou l'importance de l'outil ou de l'activité avant de se l'approprier? Les acteurs du DP porteraient un intérêt à une activité particulière du DC, telle la GC, ou sur l'apprentissage d'un nouvel outil, si ceux-ci représentaient un problème important et significatif pour eux. En fait, selon des recherches en andragogie, l'individu adulte se consacrerait davantage à son développement s'il choisissait lui-même l'orientation. « Apprendre est un acte libre et volontaire » [Guildersleeve, 2003].

Il faudrait que le DC ait du *sens* pour les acteurs du DP, beaucoup de sens! Le « sens » serait fondamental et il constituerait une finalité pour l'individu, « une condition de son engagement dans l'action collective » [Autissier et Wacheux; 2007]. « C'est le sens qui est la source d'inspiration » [Cholle, 2007]. Selon la théorie sociale de l'apprentissage de Wenger, il semblerait en effet, dans la pratique professionnelle, que c'est dans le sens accordé à quelque chose et qu'il est en mesure de négocier à travers l'apprentissage, que le professionnel s'investit. Le sens qu'il accorde à quelque chose devient la source d'énergie requise pour apprendre. Par exemple, un individu apprend une langue étrangère avec tant de succès par immersion parce que, en partie du moins, l'individu se concentre sur l'expérience des significations plutôt que sur la mécanique d'apprentissage [Wenger, 2007]. Incidemment, plus l'acteur de DP accorderait du sens au DC, plus il serait enclin à apprendre sur le sujet, à s'y investir, plus il augmenterait ses chances de s'améliorer et de mieux performer. En fait, l'apprentissage constitue le moteur de la pratique, et la pratique est l'histoire de cet apprentissage [Wenger, 2007].

Dans une analyse des facteurs qui affectent l'attitude au travail, à la suite de recherches et d'enquêtes menées dans l'industrie et le commerce auprès d'ingénieurs notamment, Hogue mentionne que l'investissement effectué dans les facteurs de motivation intrinsèques à la tâche (le besoin de réussir, la considération, le travail en soit, la responsabilité, l'avancement, le développement personnel), c.-à-d. les facteurs permettant la satisfaction de l'employé dans l'accomplissement même de sa tâche, est plus rentable et plus stable qu'un investissement dans les facteurs extrinsèques (les politiques de la compagnie, la supervision, les relations interpersonnelles, les conditions de travail, le salaire, le statut, la sécurité) [Hogue, 1971]. Le facteur de motivation intrinsèque le plus prépondérant de l'analyse s'avère être le besoin de

réussite. Or, selon la théorie du résultat escompté, « Ce qui pousse l'individu à agir est l'idée qu'il entretient sur la possibilité de réussite d'une action ou d'un projet » [Côté *et al.*, 1986]. Il serait donc profitable d'investir dans des moyens augmentant les chances de réussite du DC aux yeux des acteurs du DP, c.-à-d. des moyens leur apportant un sentiment de confiance envers un succès éventuel de leurs actions. La possibilité de réussite pousserait donc les individus à agir et investir dans des moyens favorisant ce facteur serait de plus rentable pour l'entreprise.

Par ailleurs, dans sa recherche portant sur les systèmes d'innovation distribués et auto-organisés, Lakhani a constaté que la motivation intrinsèque basée sur le plaisir, notamment comment une personne se sent quand elle travaille sur un projet, serait le plus grand moteur de l'effort [Lakhani, 2006]. Les individus prendraient en fait plaisir à bien utiliser une compétence et lorsqu'il utilise un outil, celui-ci devrait utiliser et amplifier ce phénomène [Hoffman et Hayes, 2004]. Le plaisir, vu comme un état de contentement que crée la satisfaction d'un besoin dont celui de réussir, pousserait donc les acteurs du DP à fournir des efforts en DC. Et si l'activité de DC et les outils proposés contribuent à exacerber ce plaisir, une spirale de réussite pourrait être engendrée c.-à-d. que les performances créatives engendreraient d'autres performances créatives. D'ailleurs, dans les équipes créatives, la joie se manifesterait spontanément et elle serait soigneusement entretenue [Guntern, 2001]. Ce mécanisme est simple à comprendre mais il semblerait qu'il soit difficile à commander et à implanter car il représente un risque demandant un certain courage du management [Guntern, 2001]. Quoi qu'il en soit, le plaisir manifesté par un acteur de DP œuvrant en DC serait donc un indicateur de l'effort qu'il accorde au DC.

Jusqu'à maintenant, engager les acteurs du DP dans le DC s'appuierait sur trois notions théoriques : la théorie sociale de l'apprentissage relative aux communautés de praticiens [Wenger, 2007], une théorie de la motivation ou plus particulièrement la théorie du résultat escompté [Côté *et al.*, 1986], et le principe du plaisir [Hoffman et Hayes, 2004]. Une quatrième notion est introduite ici, celle de la théorie du *sensemaking* permettant de lier entre elles les notions précédentes.

Selon une perspective psychologique, puisque le *sensemaking* semble dénoter un phénomène relevant principalement de ce domaine, le *sensemaking* consisterait simplement et essentiellement à créer du sens de ses expériences avec son environnement [Klein *et al.*, 2006]. Il consisterait à donner de la cohérence aux informations obtenues pour élargir sa compréhension d'un concept particulier. Cette définition, quelque peu réductrice de ce que représente le *sensemaking* par rapport à une vision plus moderne, comme il sera discuté dans le paragraphe subséquent, est néanmoins utilisée par certains chercheurs en génie et en management de l'ingénierie [Huet *et al.*, 2007; Shaw, 2005; Seligment et McDaniel, 2000; Dougherty *et al.*, 2000]. Mais la motivation des acteurs, ce qui les pousse à agir, n'est pas véritablement abordée.

Selon une perspective plus moderne de chercheurs en intelligence artificielle, le *sensemaking* représente un effort motivé continu à comprendre les connexions, lesquelles peuvent être entre les individus, les lieux ou les événements, de façon à anticiper leurs trajectoires et d'agir efficacement [Klein *et al.*, 2006]. C'est un processus opérant en continue et liant de façon récursive l'action, l'attention aux indicateurs générés par l'action et l'interprétation de ces indicateurs [Morrison *et al.*, 2007]. « En projetant l'individu dans l'action, les interactions deviennent un lieu d'expérimentation par lequel l'acteur trouvera des éléments créateurs de sens qui justifieront son engagement » [Autissier et Wacheux, 2007]. En d'autres mots, le sens met l'individu en action et l'action donne du sens, mettant l'individu en action et ainsi de suite. Le sens se construit ainsi dans l'action [Autissier et Wacheux, 2007]. Le sens accordé à quelque chose peut donc évoluer, à la baisse comme à la hausse ou tout simplement se maintenir. Ainsi, il serait possible de définir un niveau de sens accordé à une *chose* par un individu. Plus le niveau de sens (NDS) accordé à cette *chose* sera élevé, plus l'individu s'engagerait dans cette *chose*. Des chercheurs ont d'ailleurs développé une telle échelle qui leur permettait de diagnostiquer des entreprises à l'égard de la création de sens [Autissier et Wacheux; 2007; Autissier *et al.*, 2006]. Conséquemment, le niveau de sens accordé au DC est défini dans la présente thèse comme une mesure permettant d'évaluer le degré de prise de conscience d'un individu par rapport au DC. Plus ce niveau est élevé, plus l'individu est enclin à s'investir, à utiliser toutes les ressources nécessaires, à performer en DC et à s'améliorer continuellement.

Busby, chercheur en management, et Hibberd, chercheur en génie mécanique, utilisent le *sensemaking* selon la vision plus moderne évoquée et ils font une constatation des plus intéressantes applicable à la présente recherche. Après avoir analysé plusieurs accidents ferroviaires, ils ont constaté que des individus se seraient créés un sens juste suffisant pour leur permettre de fonctionner dans certains processus, en ne tentant pas d'obtenir le sens complet des choses qui apparaissaient non pertinentes pour se mettre en action. Des employés ferroviaires se sont donc mis en action en effectuant des manœuvres avec une connaissance incomplète des opérations et ce comportement s'est conclu par des erreurs catastrophiques [Busby et Hibberd, 2004]. Le parallèle avec la présente recherche est instructif : si le point exprimé précédemment est repris en le transposant dans le contexte du DP, il est possible d'appuyer le fait que des acteurs du DP, habitués à faire de la conception avec une connaissance « incomplète » (par ignorance par exemple) et selon « leur propre processus », ne rechercheraient pas nécessairement (ou seraient peu enclin à rechercher) d'autres outils de conception pouvant combler cette lacune. Comme le but du *sensemaking* est généralement d'avancer, les acteurs du DP ayant créés assez de sens pour agir, agiraient en ne tentant pas nécessairement d'obtenir le « sens complet » des choses leurs paraissant non pertinentes pour les mettre en action. Les acteurs du DP pourraient ainsi se retrouver dans une position stagnante par rapport au NDS qu'ils accordent au DC, ne cherchant pas d'emblée à s'améliorer et à maîtriser de nouveaux outils et ce, malgré une motivation apparaissant satisfaisante. Le *sensemaking*, englobant un domaine plus large que le simple enrichissement de la connaissance et les sources de motivation, permettrait de démystifier ce phénomène et à la connaissance du doctorant, cette théorie n'aurait jamais été exploitée de cette manière dans l'étude du DP.

Comment donc augmenter la performance en DC des acteurs du DP, outre qu'en cherchant à améliorer leurs capacités cognitives? La théorie du *sensemaking* laisse croire hypothétiquement qu'en élevant le NDS accordé au DC par les acteurs du DP, il serait possible d'augmenter leur performance en DC. Cela constitue la première hypothèse de recherche apparaissant d'autant plus plausible d'après les recherches de Thomas, Clark et Gioia lesquelles ont montré que le processus de construction de sens permet d'augmenter la performance de l'organisation [Thomas *et al.*, 1993; Autissier *et al.*, 2014]. À ce moment, quel

moyen pourrait être utilisé pour permettre l'élévation du NDS que les acteurs du DP accordent au DC et à la GC?

En toute cohérence, comme le DC serait d'une importance capitale, tel qu'argumenté depuis le début de ce chapitre, il semble évident que les acteurs de DP devraient y investir des efforts notables. Un NDS convenable (aussi élevé que celui manifesté par les chercheurs du DP mentionnés à la section 2.3.4 par exemple!) serait une condition fondamentale, mais non suffisante toutefois, puisque les capacités cognitives sont également essentielles pour surmonter les différents obstacles, éviter les pièges parsemant le terrain du DC et viser l'amélioration continue du DC. L'élévation du NDS signifierait un « élargissement de la conscience » [Gemme, 2009] envers le DC chez l'acteur du DP et donc, une prise de conscience nécessaire pour faire face, en activant efficacement les capacités cognitives, aux difficultés et aux pièges de la GC, comme mentionné dans la section 2.5.3.

Afin d'élever le NDS selon la théorie du *sensemaking*, il faudrait engager l'individu dans un processus d'interactions pour bâtir une dynamique d'action et de sens de façon simultanée. En fait, mettre les individus en processus d'expérimentation pour apprendre de nouveaux modes d'action, permet de construire un sens nouveau favorisant l'émergence de solutions novatrices [Autissier et Wacheux, 2007]. Il s'agirait également d'utiliser les sources de sens que sont la stratégie, la culture et la structure. La stratégie montre le trajet qui permettra aux individus de réaliser leurs objectifs. La culture donne des repères sur les valeurs préconisées par l'entreprise et pour lesquelles l'individu adhère à un certain degré. Enfin, la structure devrait créer des opportunités d'interactions permettant les échanges entre les individus et créant un sens partagé [Autissier et Wacheux, 2007]. En somme, ce que la théorie du *sensemaking* révélerait pour élever le NDS accordé au DC par les acteurs de DP, est la nécessaire mise en action de ces acteurs dans un processus interactif et nourri de sens résonnant avec les valeurs profondes des acteurs.

La théorie sociale de l'apprentissage de Wenger est proposée ici comme complément pertinent à la théorie du *sensemaking*. Pour Wenger, le sens émerge d'un processus de négociation reposant sur une relation duale entre d'une part, la participation des membres d'une

communauté et d'autre part, la réification c.-à-d. notamment les artefacts qu'ils utilisent. Toujours selon cette théorie, la qualité de l'apprentissage repose entre autres sur la qualité de ce processus de négociation de sens [Wenger, 2007].

Pour qu'il y ait « négociation de sens » et donc apprentissage, la participation ET la réification doivent coexister dans une relation biunivoque : un implique l'autre et vice versa et ils ne peuvent pas se substituer l'un l'autre. Évidemment, la réification repose toujours sur la participation : ce qui est dit, représenté, ou autrement apporté comme sujet central présume toujours une historique de participation comme contexte d'interprétation. À l'inverse, la participation s'organise elle-même autour de la réification parce qu'elle implique toujours des artefacts, des mots, des concepts qui lui permettent de procéder²¹. Il est important de noter qu'un excès de formalisme sans une correspondance appropriée du niveau de participation, ou inversement, une négligence dans les explications et dans une structure formelle, peut facilement résulter en une expérience non significative [Wenger, 2007]. Il faut noter également, que l'apprentissage effectué par un acteur pourrait autant élever, conserver ou abaisser le NDS qu'il accorde à quelque chose. Par exemple, un concepteur apprenant qu'il travaille sur un produit qui servira à la construction d'une arme de destruction massive, pourrait vivre une perte de sens par rapport au produit et cesser d'y œuvrer. À l'opposé, un concepteur découvrant les bienfaits d'un produit sur lequel il déploie des efforts pourrait l'inciter à y consacrer encore plus d'énergie. Le NDS aurait ainsi une influence positive ou négative sur l'utilisation des capacités cognitives. Il agirait donc en interaction avec les capacités cognitives.

Les individus produiraient précisément les réifications qu'ils ont besoin de manière à procéder aux pratiques dans lesquels ils participent [Wenger, 2007]. Modifier les réifications influe nécessairement sur la participation (et vice-versa) et donc sur la pratique. Mais cela n'empêche aucunement l'installation d'un certain statu quo, une stagnation de sens comme mentionnée précédemment dans cette section.

²¹ Exemple : La solution à un problème pourrait exiger l'apprentissage d'une théorie par un individu. Cette théorie pourrait être réifiée par un livre lequel susciterait la participation de l'individu à résoudre divers problèmes réifiant à nouveau la théorie et suscitant encore la participation et ce, jusqu'à une compréhension suffisante de la théorie par l'individu lui permettant de trouver la solution au problème d'origine...

À travers la négociation de sens, c'est l'interaction entre la participation et la réification qui rend les individus et les choses comme ils sont. Dans cette interaction, l'expérience de l'individu et le monde dans lequel il vit se façonnent mutuellement dans une relation réciproque allant à l'essence de qui il est [Wenger, 2007]. Ainsi, l'expérience en DC de l'acteur du DP façonnerait le monde dans lequel il vit et réciproquement, ce monde façonnerait l'expérience en DC de l'acteur.

Deux éléments seraient donc essentiels comme moyen d'élévation du NDS accordé au DC par les acteurs du DP : un artéfact (réification) et un processus interactif (participation). L'artéfact devrait lui-même être porteur de sens, mais à quoi pourrait-il ressembler? Et à quoi pourrait correspondre ce processus interactif? Le recours à la systémique semble prometteur...

2.6.3 La systémique appliquée au DP

Cette section débute par une description générale de la systémique qui repose sur 4 concepts fondamentaux. La modélisation systémique est ensuite présentée. Celle-ci se fonde sur 3 axiomes et sa pratique s'appuie sur 4 préceptes. Le DP est ensuite dépeint comme un phénomène sociotechnique. Il est enfin expliqué pourquoi le DP est perçu comme un système complexe et que la systémique apparaît appropriée pour l'étudier et produire, incidemment, l'artéfact et le processus interactif qui seraient nécessaires à l'élévation du NDS que les acteurs du DP accordent au DC.

L'approche systémique

L'approche systémique, ou simplement la systémique, est une discipline visant à préciser des frontières, des relations internes, des structures, des lois ou des propriétés émergentes de systèmes complexes. Elle regroupe des démarches théoriques, pratiques et méthodologiques. Elle pose des problèmes d'observation, de représentation, de modélisation et de simulation. Elle est considérée comme une méthode spécifique d'étude des systèmes [Durant, 2006], comme la science des systèmes [Le Moigne, 1999].

L'approche systémique est issue des sciences appliquées (théorie générale des systèmes, théorie cybernétique, théorie de l'information, théorie des jeux, théorie de la décision, etc.), mais elle a été largement utilisée dans l'étude des systèmes sociaux [Lugan, 2009]. Ce sont en effet des systèmes de grande complexité.

Les quatre concepts fondamentaux de la systémique sont l'interaction, la globalité, l'organisation et la complexité [Durant, 2006; Lugan, 2009]. L'interaction exprime le fait que généralement, la relation entre deux éléments n'est pas une simple action causale (par exemple, A influe sur B, mais B influe sur A également). La globalité fait voir le système comme un tout non réductible à ses parties. L'organisation reflète le fait qu'une unité possède des qualités que ne détiennent pas ses composantes. Enfin, la complexité est relative à l'inconnu, l'aléatoire ou l'incertain tel que mentionné à la section 2.1.4. Durant fait remarquer que « [...] la complexité de l'organisation et de la vie interne de l'entreprise est de mieux en mieux prise en compte [grâce à la démarche systémique] » [Durant, 2006].

La modélisation systémique

La modélisation systémique, c.-à-d. la méthodologie générale de la systémique, est utile pour comprendre un phénomène complexe, le rendre intelligible et pour agir sur lui selon la finalité que poursuit le modélisateur. Elle s'appuie sur trois axiomes, lesquels permettent un raisonnement de modélisation rigoureux et cohérent [Le Moigne, 1999]. Ces axiomes constituent une sorte de vérité non démontrable mais affichant une évidence statistiquement observée. Il y a d'abord *l'axiome d'opérationnalité téléologique* voyant le phénomène modélisable comme une action intelligible (compréhensible) munis d'objectifs identifiables. Il y a ensuite *l'axiome d'irréversibilité téléologique* percevant le phénomène modélisable comme transformation et projet s'inscrivant dans le temps. Il y a finalement *l'axiome d'inséparabilité* considérant le phénomène modélisable comme liant l'opération et son produit dans une relation récursive, c.-à-d. que les éléments se présentent simultanément comme produit et effet, comme producteur et cause l'un de l'autre [Le Moigne, 1999; Fortin, 2005; Lugan, 2009]. Par exemple, une entreprise manufacturière s'identifie par des actions posées et destinées à atteindre des objectifs (l'axiome d'opérationnalité téléologique). Ses actions s'inscrivent dans le temps selon un projet déterminé (l'axiome d'irréversibilité téléologique).

Les acteurs formant l'organisation agissent en même temps comme producteur et produit de l'organisation : les « producteurs » sont des « produits » de l'organisation et les « producteurs » produisent l'organisation, les « producteurs » produisent des « producteurs », les « produits » produisent des « producteurs » (l'axiome d'inséparabilité).

La modélisation systémique repose sur quatre préceptes fondamentaux [Le Moigne, 2006]:

1. le **précepte de pertinence**: tout objet considéré par le modélisateur se définit par rapport à ses intentions implicites ou explicites;
2. le **précepte du globalisme**: considérer toujours l'objet à connaître par notre intelligence comme une partie immergée et active au sein d'un plus grand tout et le percevoir d'abord globalement, dans sa relation fonctionnelle avec son environnement;
3. Le **précepte téléologique**: interpréter l'objet non pas en lui-même, mais par son comportement en cherchant à comprendre ce comportement et les ressources qu'il mobilise par rapport aux projets que, librement, le modélisateur attribue à l'objet;
4. le **précepte d'agrégativité**: convenir que toute représentation est délibérément partisane pour le modélisateur et rechercher des sélections d'agrégats tenus pour pertinents en excluant l'illusoire objectivité d'un recensement exhaustif des éléments.

Ce sont ces préceptes qui servent de base argumentaire dans les choix faits par le modélisateur lors la modélisation systémique [Doucet, 2008]. Ils représentent une assise logique pour appréhender scientifiquement la complexité²² [Le Moigne, 2006]. La théorie des systèmes a notamment montré que pour comprendre ces ensembles, il fallait obligatoirement tenir compte des relations entre les composantes [Lugan, 2009].

Selon le précepte de globalisme de l'approche systémique, il s'agit d'abord d'examiner le phénomène à l'étude au sein de son environnement, en relation avec celui-ci, et de comprendre « ce qu'il fait » à haut niveau. Par la suite, le modélisateur cherche à déterminer les « atomes » de fonctionnement [Moles, 1995] qui le composent, avec le degré de précision qu'il juge pertinent selon le précepte de pertinence et le précepte d'agrégativité. En rapport à ce degré de

²² Le Moigne a montré d'une manière rigoureuse en quoi les préceptes de l'approche systémique diffèrent de ceux de l'approche analytique. Il a également étoffé la justification du paradigme scientifique sur lequel la systémique s'appuie.

précision, Doucet parle de « granularité » faisant référence à un niveau suffisamment détaillé du modèle pour le rendre intelligible aux yeux du modélisateur [Doucet, 2008]. Moles évoque quant à lui « [...] la plage de flou du phénomène qui est acceptable [par le systémicien qui est de fait un modélisateur] dans le schéma [...] » [Moles, 1995].

Pour agir, intervenir sur un système, il est nécessaire de comprendre ce que font ses « parties », lesquelles pourront provenir de différents domaines de connaissances. L'effort porte sur « [...] les connaissances cruciales, les points stratégiques, les nœuds de communication, les articulations organisationnelles entre les sphères disjointes » [Morin, 1977]. Ces « parties », appelées aussi « boîtes noires » [Moles, 1995; Durant, 2006], et que l'on a appelé « atomes » de fonctionnement juste auparavant, le modélisateur s'y intéresse pour ce qu'elles « font » et non pour ce qu'elles « sont » en référence au précepte téléologique, en ignorance du fonctionnement interne [Durant, 2006]. Le modélisateur reconnaît les « entrées » et les « sorties » de ces « boîtes noires ». « Ainsi, l'auteur de modèles préférera réduire le nombre de types de fonction (boîtes noires), quitte à décomposer des fonctions compliquées en fonctions simples qu'il considère plus intelligibles » [Moles, 1995]. Il s'agit de réduire l'inconnu au connu, correspondant à un principe analytique de Descartes [Moles, 1995].

Le modélisateur cherche par la suite à confronter son modèle avec la réalité. Il peut le perfectionner en le complexifiant, en y ajoutant d'autres sous-modèles [Moles, 1995] selon le précepte d'agrégativité. Ce « jeu » cessera au moment où le modélisateur jugera le modèle raisonnablement représentatif du phénomène. La mise en œuvre du modèle devrait favoriser l'émergence d'actions intelligentes [Doucet, 2008], et ce, dans la finalité de résultats attendus par le modélisateur.

De manière plus concrète, pour assurer une granularité adéquate, le modélisateur pourrait adopter la stratégie de Doucet pour déterminer si le niveau de granularité de son modèle est satisfaisant. Ce chercheur a utilisé la granularité comme une synthèse des préceptes de l'approche systémique. Ainsi, le modèle, ou le modèle identifié dans d'autres domaines, aura un niveau de granularité satisfaisant lorsqu'il [Doucet, 2008]:

- Permettra d'aborder le phénomène dans sa globalité en regard de la finalité;
- Ne comportera que des éléments pertinents en regard de la finalité;
- Expliquera le comportement de ces éléments en regard de la finalité;
- Agrégera ces éléments en un tout tel qu'il semblera possible de les opérationnaliser, sans toutefois diminuer la compréhension qu'il apportera au phénomène à l'étude en regard de la finalité.

« La modélisation est le processus d'action qui conduit à la construction d'un modèle » [Durant, 2006]. Le modèle « [...] s'applique à toute représentation ou transcription abstraite d'une réalité concrète » [Durant, 2006]. Quant à la modélisation, Moles explique en quoi elle consiste: « La méthode des modèles n'est pas arbitraire, elle repose sur l'alternance d'une intuition, de nature poétique, qui trouve une ressemblance entre deux faits ou phénomènes de la nature puis cherche à exploiter cette ressemblance, et, d'autre part, d'un travail d'épuration et de raisonnement qui groupe les éléments du modèle selon une organisation comportant des règles d'acceptation ou de rejet. Elle implique ensuite une étude d'adéquation dans laquelle l'opérateur, le modélisateur, « jouant » avec son modèle selon certaines tactiques, vérifie si la réponse que celui-ci donne aux stimuli qui lui sont appliqués correspond bien aux grandeurs qui caractérisaient le paysage d'action du phénomène originel. Un « modèle » n'étant jamais parfait, l'analyse des différences que son comportement révèle avec le phénomène réel qu'il est censé représenter suggère à l'esprit d'introduire dans son modèle des variations ou des perfectionnements qui en général le compliquent, mais améliorent la similitude entre lui et le phénomène dont il faut rendre compte. C'est là une phase critique qui va donner naissance à un nouveau modèle, lequel sera reconstruit et réexpérimenté selon les mêmes règles, etc. La méthode des modèles est itérative » [Moles, 1995].

La modélisation est un art et non une technique établie [Durant, 2006]. « L'art du modélisateur résidera dans le juste équilibre entre le simple et le compliqué... » [Bériot, 2008]. Il n'y a aucune recette toute faite ni procédure garantissant une modélisation réussie et un modèle qui soit utile. La modélisation est de nature créative [Sterman, 2000]. Moles mentionne par ailleurs que « [...] la modélisation se promet à l'état d'une des plus grandes méthodes générales de la science. Expliquer n'est plus analyser, c'est construire un modèle » [Moles,

1995]. Pour Moles, la modélisation repose de fait sur l'axiome stipulant que celui qui construit un modèle d'un phénomène, sait nécessairement quelque chose sur ce phénomène [Moles, 1995].

Il est intéressant de constater que les préceptes de la systémique sont tout-à-fait applicables à la modélisation mathématique, outil fréquemment utilisé par les ingénieurs. Un simple exercice de rapprochement entre les préceptes de la systémique et les trois directives d'Ogata pour la modélisation mathématique en dynamique des systèmes permet d'en rendre compte [Ogata, 1978]:

1. *Dessiner le diagramme schématique du système et définir les variables. Décider quelles variables physiques et relations sont négligeables et lesquelles sont cruciales pour la justesse du modèle* [Ogata, 1978]. Le **précepte de pertinence** de la systémique permet ce genre de décision. Il permet également sans heurt que les modèles construits par différents modélisateurs soient dissemblables en autant qu'ils soient définis selon leurs intentions. Que deux modélisateurs indépendants aboutissent à un modèle mathématique identique pour un même système est plus qu'improbable (sauf pour des problèmes de grande simplicité tels les systèmes masse-ressort-amortisseur) et, de toutes façons, cela ne signifie pas nécessairement qu'un modèle soit supérieur à l'autre. Tout dépend de l'intention du modélisateur.

2. *Habituellement, pour résoudre un problème, il est désirable d'abord de construire un modèle simplifié pour obtenir une idée générale par rapport à la solution. Ensuite, un modèle mathématique plus détaillé peut être construit et utilisé pour une analyse plus complète* [Ogata, 1978]. Le **précepte du globalisme** de la systémique s'applique ici puisqu'on cherche à étudier à haut niveau le comportement du système en regard de la finalité. Le modèle simplifié d'Ogata correspond à un modèle « global » qui permet justement d'étudier le comportement du système à haut niveau avant d'entrer dans les détails. Le **précepte d'agrégativité** de la systémique est utilisé pour ajuster le nombre et le type d'éléments nécessaires afin d'augmenter la précision du modèle en regard de la finalité.

3. *Le but est d'obtenir un modèle mathématique représentant de près le comportement du système physique et de prédire la performance de celui-ci. Parfois, quand les lois physiques ne sont pas définies, le modèle mathématique est dérivé de la relation « entrée-sortie » à la suite d'une expérience physique [Ogata, 1978].* Le **précepte téléologique** de la systémique met l'emphase sur le comportement du système, sur ce qu'il « fait » et non sur ce qu'il « est ». Une fonction mathématique représentant le comportement d'un élément, sans connaître ce qu'est cet élément dans les détails, peut être suffisant aux yeux du modélisateur en regard de la finalité qu'il poursuit.

Le développement de produits comme phénomène sociotechnique

La définition du DP donnée à la section 2.2.1 montrait clairement le caractère sociotechnique du phénomène du DP. En effet, le DP revêt d'une part, un visage social²³ par la collectivité d'individus qui le composent et qui y travaillent de façon organisée et, d'autre part, un visage technique²⁴, relatif à l'application du savoir scientifique utilisé pour réaliser les diverses activités d'ingénierie. L'aspect social du DP est d'ailleurs soutenu par Morris lorsqu'il mentionne que l'innovation de produits, composante du DP, serait principalement un phénomène de gestion des ressources humaines [Morris, 2006]. Quant à Dismukes, ses propos supportent autant l'aspect social que technique quand il affirme, dans une discussion concernant le paradigme de l'innovation radicale accélérée, qu'il serait devenu clair qu'une approche interactive entre les sciences sociales, le génie et l'administration soit requise pour le développement d'une théorie robuste et d'un modèle de l'innovation [Dismukes, 2005]. Un modèle développé pour représenter le système de DP devrait donc être en mesure d'embrasser le caractère sociotechnique du système de DP. Or, un des avantages de la méthode systémique est notamment relié à la possibilité de faire intervenir des facteurs émanant de diverses disciplines ou à des ordres de pensées très différentes [Moles, 1995]. En sciences sociales par

²³ Social : « Qui est relatif à une collectivité, à une société d'individus organisée, conçue comme une réalité distincte » [Québec. Office québécois de la langue française (2012). Définition de social. In Le grand dictionnaire terminologique], [En ligne]. http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8557739 (Page consultée le 10 août 2013).

²⁴ Technique : « Application du savoir scientifique à l'ensemble des procédés et des moyens mis en œuvre pour la production de biens et de services, de manière à obtenir un résultat concret » [Québec. Office québécois de la langue française (2012). Définition de technique. In Le grand dictionnaire terminologique], [En ligne]. http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8364522 (Page consultée le 10 août 2013).

exemple, la méthode systémique semble constituer l'outil privilégié pour bâtir un nouvel espace mental pouvant corriger les dommages causés par la spécialisation disciplinaire, produit des abus de l'approche analytique [Lugan, 2009]. Incidemment, l'emploi de la systémique semble justifié pour la modélisation du système de DP, dans l'intention d'utiliser le modèle systémique pour élever le NDS accordé au DC par les acteurs du DP.

Le développement de produits perçu comme un système complexe

Il semble évident que les nombreuses activités du DP, dont on a fait mention dans la section 2.2.1, soient exécutées par des personnes en interaction dynamique, c.-à-d. dont les relations sont en influence réciproque [Bériot, 2008] et en évolution dans le temps, car « tout phénomène s'inscrit nécessairement dans le temps » [Moles, 1995]. Par ailleurs, l'innovation, activité distinctement incluse dans le DP, se produit lorsqu'il y a interaction entre les personnes [Morris, 2006]. De plus, la conception de produits, autre activité importante du DP, apparaît comme un processus itératif et donc affichant des rétroactions [Scaravetti, 2004], celles-ci étant une forme particulière d'interaction [Durant, 2006]. Conséquemment, le DP est un phénomène contenant des éléments en interaction dynamique.

La définition du DP énonce aussi clairement la finalité, le but ultime du DP, soit celle d'accroître la productivité de l'entreprise et de la « [...] positionner de manière stratégique sur les marchés » [Riopel *et al.*, 2004]. Elle décrit le DP comme un processus regroupant diverses activités ou éléments interreliés et agencés d'une façon à créer une unité, une structure propre qui peut être représentée par un organigramme [Durant, 2006]. C'est de fait un processus « par lequel de la matière, de l'énergie et de l'information sont assemblés et mis en œuvre ou en forme » [Durant, 2006]. On reconnaît donc le concept d'organisation [Durant, 2006; Fortin, 2005; Morin, 1977] dans la définition même du DP.

Le DP peut être vu comme un phénomène dynamique, « [...] quelque chose qui fonctionne; c'est un organisme, [...] qui change dans le temps, donnant lieu à l'apparition de grandeurs mesurables [...] » [Moles, 1995]. Ce phénomène, le DP, peut donc être assimilé à un système, c.-à-d. « [...] un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisés en fonction d'un but » [de Rosnay, 1975].

Par ailleurs, le DP est une démarche complexe [Riopel *et al.*, 2004] évoluant dans des entreprises qui « [...] apparaissent aujourd’hui comme instables et changeantes » [Bériot, 2008]. L’entreprise est une organisation complexe [Morin, 2005; Durant, 2006; Kaufman, 2008], un système complexe [Guillet, 2007]. Les organisations sont en fait des systèmes complexes [Olson, 2006]. Quant à l’innovation, elle « [...] demeurera un phénomène complexe de par les différents éléments qu’il implique et l’incertitude qu’il génère » [Roulet, 2006]. Elle est systémique [Hamel, 2008].

En somme, à la lumière des explications précédentes, le DP semble bien correspondre à un système complexe. Or, un tel système, pour le comprendre et donc lui donner du sens, devrait être modélisé selon l’approche systémique pour construire son intelligibilité [Le Moigne, 1999].

Il semble donc manifeste d’utiliser une approche unifiante [de Rosnay, 1975], conjonctive, en opposition à une approche analytique simplificatrice et disjonctive [Guillet, 2007], de manière à percevoir les interactions entre le « tout » et ses « parties », les émergences pouvant apparaître au sein du « tout » comme au sein de ses « parties », les inhibitions produites par les contraintes du « tout » sur ses « parties » et de percevoir les antagonismes qui existent entre le « tout » et ses « parties » et entre les « parties » elles-mêmes. L’objectif est d’avoir une lecture plus riche du phénomène [Fortin, 2005], une perspective plus signifiante et favoriser l’émergence d’actions intelligentes pour obtenir des résultats souhaités [Doucet, 2008].

Un modèle systémique du développement de produits

Comme deuxième hypothèse de recherche, selon les explications de la section précédente, il apparaît donc envisageable de construire un modèle systémique du développement de produits (MSDP) à titre d’artefact de réification du DC pouvant provoquer la négociation de sens chez les acteurs du DP lors d’une participation à une activité de création de sens du DC mettant en œuvre le modèle. Certes, le DC constitue le phénomène central de la présente recherche mais, comme il est intriqué dans le système du DP, il est préférable suivant le théorème de Gödel sur l’incomplétude « qui démontre qu’on ne peut connaître entièrement un système en restant à l’intérieur de ses frontières » [Durant, 2006], de le situer au sein du DP dans sa globalité. Un

MSDP permettrait aux acteurs du DP de se « situer » dans la « machine » du DP, de mieux comprendre son fonctionnement et leurs apports au système. Ce MSDP représenterait une carte montrant le chemin donnant les clés pour accomplir leurs objectifs et pour fournir « l'engagement nécessaire pour lequel ils sollicitent des rétributions » [Autissier et Wacheux, 2007]. La démarche proposée auprès des acteurs du DP résulterait hypothétiquement à un accroissement de leur performance en DC.

2.6.4 Les types d'acteurs en DP

Implicitement jusqu'à maintenant, deux principales catégories d'acteurs du DP ont été identifiées : les concepteurs et les décideurs (ou les gestionnaires de DP). Ces catégories d'acteur du DP pourraient être assimilées aux deux cultures de la société post capitalistes identifiées par Peter Drucker, à savoir « celle de l'intellectuel centrée sur le langage et les idées, et celle du manager, centrée sur les hommes et le travail » [Drucker, 2006]. Peter Drucker mentionne également que « L'intellectuel, s'il n'est pas complété par le manager, crée un monde où chacun fait ce qu'il veut mais où personne ne fait rien. Le monde du manager, s'il n'est pas complété par l'intellectuel, devient une bureaucratie, la grisaille abrutissante où règne *l'homme de l'organisation*. Mais s'ils trouvent leur équilibre, alors peuvent naître la créativité et l'ordre, le sens de la mission et de l'accomplissement » [Drucker, 2006]. Comme les processus et les produits représenteraient des dimensions complémentaires d'une organisation [Rosenhead *et al.*, 1989], le travail des décideurs et des concepteurs le serait tout autant. Ainsi, d'une manière générale, le concepteur serait principalement associé au domaine du « produit » alors que le décideur serait plutôt associé au domaine du « processus » du DP. D'ailleurs selon Young, un gestionnaire de projet ne devrait pas dépenser trop de temps à faire du « travail de projet » (lié au « produit ») car la conséquence est de réduire le temps qu'il devrait consacrer au contrôle du projet (lié au « processus ») directement lié à la performance [Young, 2007].

Ce serait à l'entreprise, et plus particulièrement au management, d'apporter un environnement de travail favorisant la construction de sens. Le management composé des décideurs de l'entreprise serait donc responsable du *sensemaking* [Autissier et Wacheux, 2007]. Sa stratégie devrait être porteuse de sens et il devrait être sensible à la création [Cholle, 2007]. Les

dirigeants, par leur leadership, devraient installer les conditions essentielles à l'épanouissement du potentiel créatif de l'ensemble des employés [Guntern, 2001]. Par ailleurs, plus de 50% des efforts du management devrait être consacré à l'amélioration et au développement des nouvelles compétences de l'entreprise [Miller et Morris, 1999]. Or, le DC serait au cœur de toutes ces exigences en autant qu'il soit énergisé, organisé et opéré de manière convenable. Ce rôle revient essentiellement aux gestionnaires qui pilotent l'entreprise, mais plus important encore, qui conçoivent les structures organisationnelles, les stratégies et les règles de décision qui influencent comment les décisions sont prises [Sterman, 2000].

La théorie du *sensemaking* s'intéresse autant à la création de sens qu'à la perte de sens. Ainsi, la recherche en *sensemaking* a montré que les gestionnaires intermédiaires étaient les plus susceptibles à la perte de sens puisqu'ils n'ont pas les prérogatives de définition des stratégies, ni de relations directes avec la production et le client, ces deux activités étant créatrices de sens. Ils se logent entre le niveau stratégique et le niveau opérationnel pour lesquels ils agissent à titre d'intermédiaires. Ils se trouvent donc dans l'obligation d'appliquer des directives dont les difficultés opérationnelles génèrent des situations de flous et d'incertitudes complexifiant la gestion [Autissier et Wacheux, 2007]. Certains acteurs du DP du type « décideur », dans le contexte d'une entreprise munie d'une structure organisationnelle hiérarchique de plusieurs niveaux, serait donc plus vulnérable à la perte de sens que celui du type « concepteur ». Cela pourrait signifier que l'élévation du NDS accordé au DC par un gestionnaire puisse être plus ardue, mais par contre, s'il s'avère une réussite, qu'il pourrait être plus profitable sur la performance globale de l'équipe de DC étant donné l'influence des gestionnaires sur les concepteurs.

Le gestionnaire de DP, pour parvenir à l'atteinte des résultats dont il est imputable, utilise son pouvoir de façon formelle de par l'autorité liée au poste qu'il occupe et informellement en usant de son leadership [Wener et Cormier, 2007]. Pour qu'un gestionnaire soit efficace, il doit d'ailleurs posséder des qualités de leader [Bergeron, 1986]. Mais le pouvoir exercé par le gestionnaire sera d'autant plus fort qu'il parviendra à bien conjuguer autorité et leadership [Wener et Cormier, 2007]. Ce pouvoir devrait servir notamment à construire une vision partagée, l'élément central du travail journalier des leaders selon Senge [Senge, 2006], à

susciter les énergies humaines et à créer une vision, la tâche suprême du leader efficace selon Drucker [Drucker, 2006]. Pour Hamel, la pratique du management consiste entre autre à « motiver les efforts et faire en sorte qu'ils aillent tous dans le même sens » [Hamel, 2008].

Enfin, si on assimile le travail de l'équipe de DP à un travail effectué en communauté de praticiens (CdP), le grand rôle de l'animateur, guide et gestionnaire à la fois de la CdP, consiste à dynamiser l'équipe et à orienter ses efforts. Il aide la CdP à dégager son sens et structurer sa démarche [Langelier *et al.*, 2005].

Dans le présent contexte, cette vision et ses efforts dirigés dont il est fait mention ne signifieraient rien d'autre que de comprendre l'importance du DC au sein du DP, son impact sur la performance globale en DP, bref son sens, tel que de nombreux chercheurs cités dans ce chapitre l'ont montré. Et la compréhension des acteurs devrait être telle qu'elle suscitera leur engagement à incarner la vision. Donc, construire ou créer une vision partagée, dynamiser, motiver et orienter les efforts d'une équipe de DC dans le même sens, impliquerait de donner du sens, plus justement d'élever le sens que les acteurs du DP accordent au DC. Par ailleurs, un gestionnaire efficace est aussi une personne disciplinée avec des objectifs personnels et il est apte à se motiver lui-même. Sans ces talents, le gestionnaire aura de la difficulté à motiver les autres [Bergeron, 1986]. Il serait vain en effet de tenter d'encourager les acteurs à être engagés sans l'être soi-même [Senge, 2006]. Autrement dit, les gestionnaires de DP ne pourraient pas élever le NDS des concepteurs, selon toute vraisemblance, au-delà de celui qu'ils accordent eux-mêmes au DC. En plus, si le NDS d'un gestionnaire est inférieur à celui des concepteurs, il semble plausible que le NDS des concepteurs s'abaisse au niveau de celui du gestionnaire. Le pouvoir d'autorité consenti au gestionnaire lui permettrait « d'imposer » un NDS aux concepteurs. Si les concepteurs ne s'ajustent pas de gré au NDS du décideur, ils pourraient quitter l'équipe ou l'entreprise de leur propre chef ou se faire limoger par le gestionnaire. La valeur du NDS que l'équipe de DC accorde au DC tendrait donc avec le temps vers la valeur du NDS démontré et détenu par le gestionnaire en cohérence avec la prépondérance du décideur sur la performance globale de l'équipe du DC. De ce fait, le gestionnaire pourrait être perçu comme un *sensemaker* amenant l'équipe de DC à accorder la même importance au DC que ce qu'il accorde lui-même. Le *sensemaking* est d'ailleurs

considéré comme « à la fois une responsabilité pour les dirigeants et une démarche pour la traduire dans la réalité » [Autissier et Wacheux, 2007].

Par ailleurs, Hamel, dans son plaidoyer pour l'innovation managériale, croit que dans l'entreprise actuelle il y a « trop de hiérarchie et pas assez de communauté ». Il explique que « les hiérarchies sont très utiles pour fédérer les efforts, coordonner les activités de nombreuses personnes ayant des rôles très variés » [Hamel, 2008]. Il ajoute ensuite par contre que « quand il s'agit de mobiliser les capacités humaines, les communautés réussissent mieux que les bureaucraties. » [Hamel, 2008]. Une équipe de DC performante aurait donc avantage à travailler en communauté. Cela est d'ailleurs cohérent avec la théorie des communautés de praticiens (CdP) [Wenger, 2007]. Dans cette perspective, une équipe de DC performante pourrait se comporter à l'image d'une CdP. Or, selon des chercheurs du Centre francophone d'informatisation des organisations (CEFRIO), à la suite d'une étude menée sur la mise en place de CdP intentionnelles, il s'avèrerait que le plus grand rôle dans une CdP serait détenu par l'animateur qui agit à titre de guide et de gestionnaire de la communauté [Langelier *et al.*, 2005]. Le gestionnaire de DP posséderait donc, selon ce point de vue, un rôle décisif au sein de son équipe de DC.

Parmi les acteurs du DP, à la lumière des arguments précédents, les décideurs du DP auraient donc une influence prépondérante sur la performance du DC.

2.7 Conclusion du chapitre

Ce chapitre a permis d'établir l'état de l'art et de situer le problème de recherche. Dans une optique très large de créer une organisation innovante (OI) dans le domaine manufacturier, la démarche a montré les liens existant entre le développement de produits (DP), l'innovation de produit (IP), la recherche et développement en contexte industriel (R&D), le développement de concepts (DC) et enfin la génération de concepts (GC). Or, le DC détiendrait une position névralgique au sein du DP par son statut de « régénérateur » et la place qu'il occupe au cœur du DP et son rôle de « déclencheur » pour créer les concepts de produits, lesquels détermineraient la performance des activités en aval du DP.

L'impact du DC serait énorme sur la performance du DP et le potentiel d'amélioration du DC serait substantiel, mais il serait difficile à concrétiser. Le DC est en effet une activité de nature complexe par l'immensité des choix de concepts de produits qui s'offrent aux acteurs du DP et les multiples embûches et pièges cognitifs relatifs à ce genre d'activité pour lequel les ingénieurs seraient moins bien préparés. Pour espérer performer en DC, l'acteur du DP devrait utiliser pleinement ses capacités cognitives mais une prise de conscience serait d'abord nécessaire.

Le problème de recherche se situe au niveau du DC: comment donc augmenter la performance en DC des acteurs du DP? Il serait certes possible d'y parvenir en améliorant les capacités cognitives des acteurs du DP mais plus fondamentalement, la théorie du *sensemaking* et celle de la théorie sociale de l'apprentissage de Wenger laissent croire d'une part, qu'en élevant le niveau de sens (NDS) accordé au DC par les acteurs du DP, il serait possible d'augmenter leur performance en DC, et d'autre part, en utilisant un artefact réifiant le DC dans un processus faisant intervenir les acteurs du DP, il serait possible d'y parvenir. Cet artefact et ce processus interactif pourraient être assimilés respectivement à un modèle systémique du développement de produits et à sa mise en œuvre auprès des acteurs du DP. En outre, la systémique s'est présentée comme l'outil adéquat pour modéliser le DP, un système sociotechnique complexe.

Enfin, des deux principales catégories d'acteurs du DP identifiées, les concepteurs et les décideurs, ce sont ces derniers qui auraient la plus grande influence sur la performance globale en DC.

Dans la finalité d'augmenter le NDS accordé au DC par les acteurs du DP, le prochain chapitre se consacrera à l'édification du modèle systémique du développement de produits et à sa validation théorique.

CHAPITRE 3

MODÉLISATION SYSTÉMIQUE DU DÉVELOPPEMENT DE PRODUITS

Le chapitre 2 a montré l'importance du développement de concepts (DC), son impact majeur sur la performance globale du développement de produits (DP), et la conséquente nécessité pour les acteurs du DP de lui consacrer intelligemment temps et effort. Ainsi, pour parvenir à ce degré d'engagement envers le DC, les acteurs du DP devraient y accorder un niveau de sens (NDS) satisfaisant. Il a été dit également qu'une élévation de ce NDS pourrait signifier une augmentation de la performance des acteurs en DC. Or, pour élever le NDS accordé au DC par les acteurs du DP, deux éléments seraient utiles, voire essentiels : un artéfact de réification et un processus interactif suscitant la participation des acteurs du DP. Le présent chapitre est donc dédié à la construction de cet artéfact de réification, prenant la forme d'un modèle systémique du développement de produits (MSDP) au sein duquel le DC s'incorpore. L'élaboration du processus interactif sera présentée ultérieurement au chapitre 4.

La modélisation systémique a déjà fait l'objet d'une description générale dans la section 2.6.3. Tel que mentionné, elle constitue « le processus d'action qui conduit à la construction d'un modèle » [Durant, 2006].

Le processus de modélisation appliqué dans la présente recherche s'inspire des quatre étapes de modélisation proposées par Durant : 1. Définir le projet; 2. Dessiner le modèle; 3. Étudier le comportement du modèle; 4. Utiliser le modèle [Durant, 2006]. Cette approche permet de considérer le DP dans toute sa globalité de manière à comprendre le comportement de ce système dans son inhérente complexité, sans pour autant noyer l'information pertinente dans une représentation exhaustive et détaillée de tous les acteurs et interactions possibles selon les préceptes de pertinence, de globalisme, de téléologie et d'agrégativité. En fait, la modélisation systémique se présente comme un processus évolutif évitant autant l'exhaustivité, conséquente d'une forme de perfectionnisme, qu'une simplification trop réductrice [Lugan, 2009]. Elle

constitue en même temps un processus discipliné, scientifique et rigoureux mettant au défi le modélisateur [Stermann, 2000].

Les sections suivantes exposent le processus utilisé afin de réaliser le MSDP d'une manière plus « systématique » en n'oubliant pas qu'il représente une démarche itérative (va-et-vient entre les étapes) tel que rappelé par Moles et Durant [Moles, 1995; Durant, 2006]. Elles feront appels à un ensemble de théories et principes reconnus dans la littérature et sur lesquels se fonde la validation théorique du MSDP. Le MSDP sera confronté à divers modèles issus de la littérature et subira quelques tests suggérés par des chercheurs du domaine de la systémique.

3.1 Étape 1 de la modélisation - Définir le projet

Cette étape de modélisation consiste à fixer la finalité et à délimiter les frontières de l'exercice de modélisation. Le but est de définir le projet de modélisation [Durant, 2006].

Définir ce projet est l'étape la plus déterminante de la modélisation [Stermann, 2000]. Le Moigne mentionne d'ailleurs que la tâche la plus importante du modélisateur est « de formuler le ou les problèmes qu'il s'avèrera pertinent de résoudre : il faut apprendre à résoudre le problème qui consiste à poser le problème! » [Le Moigne, 1999]. Il s'agit d'une application du précepte de pertinence de la systémique. Toutes les décisions, choix, agencements d'éléments issus des étapes subséquentes du processus de modélisation, se réfèrent à la définition du projet. Aussi, pour qu'un modèle soit utile, il doit adresser un problème spécifique plutôt que de tenter de représenter un système dans tous ses détails, en accord avec le précepte d'agrégativité. C'est probablement pour cette raison que Stermann invite à modéliser un « problème » plutôt qu'à modéliser un « système » [Stermann, 2000]. En d'autres mots, modéliser un « problème » signifierait modéliser un « système » dans un but précis. La systémique serait d'ailleurs considérée comme une manière de faire surgir des problèmes qui n'auraient pas émergés autrement [Lugan, 2009].

3.1.1 La finalité du modèle systémique de développement de produits (MSDP)

La finalité du projet de modélisation systémique du développement de produits est de créer un artefact capable de donner du sens au DC, c.-à-d. d'expliquer sa raison d'être, sa justification

pour comprendre et faire comprendre le rôle du DC au sein du DP, et saisir toute son importance.

En termes d'objectifs spécifiques, le MSDP devrait:

1. Réifier le DC et être utilisable dans un processus de création de sens en favorisant la participation des acteurs du DP;
2. Permettre l'explication des succès ou insuccès des entreprises œuvrant en DP;
3. Permettre l'explicitation des événements ou des situations typiques rencontrés communément par les praticiens du DP;
4. Aider les praticiens du DP à évaluer, dans une certaine mesure, l'effet de leurs actions portées en DC dans le temps;
5. Susciter la curiosité et l'apprentissage des praticiens du DP.

3.1.2 La délimitation des frontières du MSDP

Le MSDP devrait prendre en compte les théories les plus pertinentes issues de différentes recherches dans le domaine du DP, impliquant particulièrement l'innovation technologique, à un niveau de détails suffisamment significatif pour englober l'utilisation des différents processus et méthodologies de DP existants. Le MSDP pourrait ainsi être considéré comme un méta processus ou méta outil par les praticiens et chercheurs du DP, chapeautant les modèles, processus, outils ou méthodologies les plus utilisés en DP.

Le MSDP devrait être en mesure de situer le DC et ses interrelations avec les principaux processeurs du système en tenant compte des deux principaux types d'acteurs, soient les concepteurs et les décideurs, tel que relevé à la section 2.6.4. Il devrait placer l'accent sur le travail de conception et de gestion de la conception exécutés par des ingénieurs œuvrant au sein d'une équipe de DP dans une entreprise manufacturière. Le MSDP couvrirait l'étendue des différents états de représentation du produit, de l'idée en formation jusqu'au produit final en passant par le concept de produit. Finalement, le langage écrit et les graphes produits du MSDP devraient être compréhensibles et accessibles par les praticiens du DP.

3.2 Étape 2 de la modélisation – Dessiner le modèle

La deuxième étape de modélisation comporte l'identification et le choix des éléments composant le modèle, leurs relations internes et leurs liens avec l'environnement (liaisons, interactions, rétroactions), et l'agencement de ces éléments qui est finalement représenté sur un graphe [Durant, 2006].

Le modèle construit forme un réseau d'interrelations agencant et reliant divers types d'éléments tels que [Durant, 2006]:

- des **processeurs** considérés comme des boîtes noires selon le concept bien connu issu de l'ingénierie des systèmes. Pour chaque processeur, des entrées et des sorties sont identifiées. Essentiellement, les processeurs modifient ou transforment les « intrants » en de nouvelles formes appelées « extrants ». Les processeurs du système pourraient être décrits éventuellement par des fonctions de transfert ou modèles mathématiques;
- des **réservoirs** pour stocker de l'information, de la matière, de l'énergie ou des valeurs monétaires;
- des **flux** d'informations, de matière, d'énergie ou de valeurs monétaires;
- des **régulateurs** ou **centre de décisions** qui contrôlent les différents flux;
- des **délais de réponse** permettant les ajustements relatifs au fonctionnement du système;
- des **boucles de feed-back** informant les décideurs de ce qui se produit en aval afin qu'ils corrigent leur décision en conséquence.

Aux sections suivantes, dans un premier temps, des éléments potentiels du MSDP, appelés aussi atomes, sont identifiés. Dans un deuxième temps, des méthodes sont utilisées afin d'identifier d'autres atomes et des relations possiblement importantes en regard de la finalité. Ainsi, trois approches utilisées en conjonction sont proposées afin d'identifier et d'agencer les divers éléments sélectionnés par le modélisateur : 1. l'analyse fonctionnelle (AF) combinée à l'utilisation de matrices de couplage inspirée par la méthode du *Quality Function deployment* (QFD); 2. le Système Général (SG); 3. l'archétype de l'articulation d'un système complexe de 9^e niveau. Puis, une première version du MSDP suffisamment développé est expliquée. Il est proposé finalement de le mettre à l'épreuve une première fois en utilisant la méthodologie d'analyse de risque HAZOP (*HAZard and OPerability analysis*) de façon à apprécier la

capacité du modèle à expliquer des comportements potentiels du système soumis à différentes perturbations.

3.2.1 Identification d'atomes du modèle dans la littérature

Certaines notions du développement de produits sont fréquemment mentionnées dans la littérature associée au domaine du DP. De fait, ces notions semblent faire un certain consensus au sein de la communauté scientifique. Il est donc *a priori* intéressant de relever ces différentes notions, lesquelles devraient vraisemblablement se retrouver dans le MSDP. Sans être exhaustive, en respect du précepte d'agrégativité de la systémique, la revue de la littérature effectuée dans la section 2.2.4 permet d'identifier quelque unes de ces notions qui se refléteraient dans le MSDP sous la forme d'atomes ou de relations.

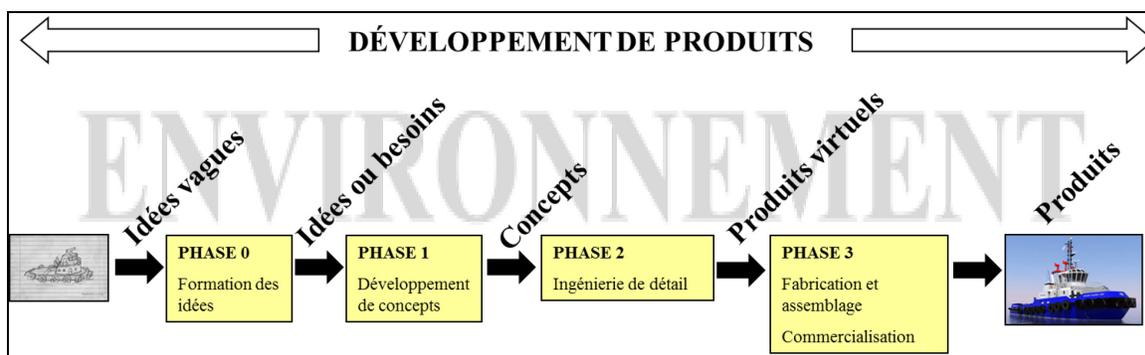


Figure 3.1 Le développement de produits en phases rudimentaires

La figure 3.1 constitue un premier modèle rudimentaire du système de DP qui, selon le précepte de globalisme de la systémique, permet de percevoir le DP globalement, dans sa relation fonctionnelle avec son environnement. Après avoir identifié le DP comme phénomène reconnaissable ou gestalt, c.-à-d. s'être positionné au premier niveau de complexification de la modélisation systémique, on y reconnaît maintenant un système actif [Lugan, 2009; Le Moigne, 1999], c.-à-d. le deuxième niveau de complexification: le DP transforme des idées en produits. Dans une section subséquente, le MSDP sera conduit au neuvième niveau dans l'échelle de complexification. En accord avec la section 2.2.4, l'implication du gestionnaire ainsi que son degré d'influence sur le DC devraient être identifiables dans le MSDP. Aussi, le

MSDP devrait contenir des éléments relatifs aux méthodologies de conception utilisées par les acteurs du DP et la notion du NDS que les acteurs accordent au DC devrait transparaître.

Le principe de dialogique propre à la systémique, permet de traiter des notions d'ordre et de désordre qui coexistent dans les organisations [Fortin, 2005], puisque sans désordre, aucune innovation ne serait possible et sans ordre, il n'y aurait aucun élément de stabilité permettant l'organisation [Morin, 2005]. En référence à la section 2.2.4, le MSDP devrait témoigner de cette dialogique.

Selon la section 2.2.4, le MSDP devrait considérer le flux d'informations et la création de connaissance inhérente au DP. Le MSDP devrait également être en mesure de montrer la possibilité de souplesse des connections entre les différentes phases.

Un processeur important du MSDP à savoir le « développement de concept » (DC) lequel transforme essentiellement une idée vague en concept de produit a été identifié. Par extrapolation, le MSDP contiendrait des processeurs pour convertir le concept de produit en un éventuel produit. Ainsi, le concept de produit pourrait se transformer en produit virtuel (modèle électronique 3D) puis en dessins de fabrication et d'assemblage. Enfin, ces dessins seraient convertis en produits physiques par les procédés de fabrication et d'assemblage.

Deux ressources essentielles du système de DP ont été identifiées dans la section 2.2.4 : les ressources humaines et informationnelles. Ces dernières devraient donc composer le MSDP.

Les prochaines sections permettent d'identifier d'autres atomes pouvant former le MSDP en utilisant d'autres méthodes de conception.

3.2.2 Outils de conception appliqués au développement du MSDP

La détermination des éléments du MSDP peut être facilitée par l'application de la méthodologie de l'analyse fonctionnelle (AF) combinée avec une démarche reposant sur l'utilisation de matrices de couplage s'apparentant à la méthodologie du *Quality Function Deployment* (QFD). L'AF repose sur une approche de brainstorming visant essentiellement à identifier les fonctions d'un produit. La définition de ces fonctions devraient débiter par un

verbe d'action suivi d'un complément représentant une entité quantifiable [Mudge, 1996; Park, 1999]. L'AF permet de fait d'identifier des fonctions essentielles. Cette constatation est importante car la modélisation systémique commence par la question « Qu'est-ce que ça fait? » [Le Moigne, 1999]. Les fonctions pertinentes, dans l'application du précepte de la pertinence, devraient donc se retrouver dans le modèle sous diverses formes et notamment, celles de processeurs.

Foncièrement, la méthode QFD constitue un processus discipliné destiné à obtenir, à traduire et à déployer la « voix du client » dans les différentes phases du développement d'un produit et durant les étapes de conception qui en découlent jusque dans les paramètres des procédés de fabrication, en utilisant une série de 4 matrices de couplage appelées aussi « Maisons » [Creveling *et al.*, 2003]. Elle démarre par l'identification des clients et de leurs besoins. Elle se poursuit par la hiérarchisation de ces besoins et une transposition de cette hiérarchisation sur les requis techniques. Les requis techniques sont des paramètres mesurables, contrairement aux besoins, qui permettent au final de mesurer le degré de satisfaction des besoins du client. Utilisée convenablement et de manière non conventionnelle, la méthode QFD peut permettre également de hiérarchiser les fonctions du produit, qui ont été déterminées auparavant par l'AF, simplement en transposant la hiérarchisation des requis techniques aux fonctions, au moyen de la « Maison 2 ». De cette manière, elle peut permettre de vérifier que l'ensemble des fonctions déterminées soit suffisant pour satisfaire les besoins du client. Une nuance importante est toutefois à signaler ici. Dans le présent exercice, le DP constitue le « produit » et l'entreprise utilisant le DP est perçue comme le « client ». Le DP aurait donc ici un statut de « méta produit ».

Les besoins typiques d'une entreprise vis-à-vis le DP ont pu être déterminés, de façon subjective toutefois, mais guidés par les préceptes de la systémique, en examinant diverses communications internes de l'entreprise E1, participante de cette recherche (voir chapitre 4). L'effet de cette subjectivité est cependant limité par le processus rigoureux et les raisonnements exigés par la méthode QFD, encore une fois utilisée de façon non conventionnelle, de sorte que le résultat émanant de l'exercice détient une certaine plausibilité. Les chances d'avoir adéquatement identifié et hiérarchisé les fonctions importantes du

phénomène sont donc jugées satisfaisantes considérant qu'une phase subséquente de validation empirique est prévue.

Les fonctions du système de DP ont donc été déterminées au moyen d'une analyse fonctionnelle (AF), et la « Maison 2 » du QFD a été utilisée pour procéder à leur hiérarchisation. La démarche a mené à une liste de fonctions du DP accompagnées de leurs poids respectifs. La figure 3.2 illustre un graphique de Pareto de ces fonctions, classées en ordre d'importance (plus un poids attribué à une fonction est élevé, plus la fonction est jugée importante). Les grilles utilisés pour supporter la démarche QFD sont fournies dans l'annexe A.

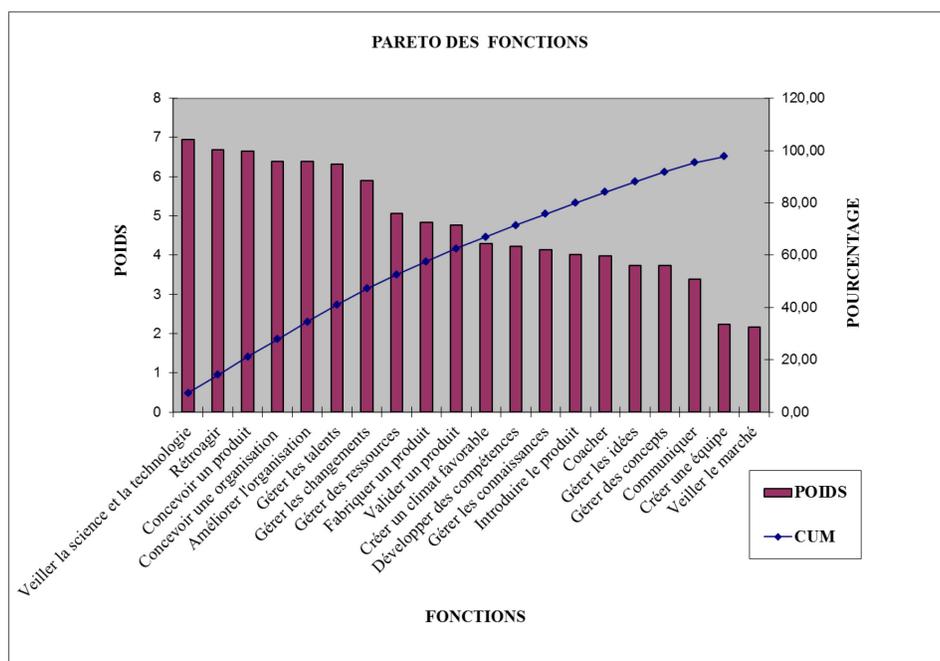


Figure 3.2 Graphique de Pareto des fonctions du DP

La règle de Pareto, celle dite du « 80 – 20 », ne fait pas ressortir de manière notable qu'une « petite » série de fonctions soit substantiellement plus importante par rapport aux autres. Certes, 35% des fonctions (7 sur 20), c.-à-d. les fonctions relatives à la veille scientifique et technologique, à la rétroaction, à la conception de produits, à la conception et l'amélioration d'organisation, à la gestion des talents et à la gestion des changements arrivent en tête de liste d'importance en représentant environ 50% du poids total. Elles pourraient donc se présenter

plus explicitement dans le MSDP. Mais vu la finalité de l'exercice et en vertu du précepte d'agrégativité, il est convenu que l'ensemble de ces fonctions devraient être identifiables dans le MSDP de façon minimalement implicite, c.-à-d. incluses dans des atomes à tout le moins.

3.2.3 Le Système Générale (SG)

La modélisation systémique est essentiellement un processus d'essais-erreurs tout comme la conception des systèmes dans le domaine de la dynamique des systèmes [Ogata, 1978]. Les différents éléments sont d'abord positionnés et interreliés de façon plus ou moins arbitraire pour ensuite prendre, après plusieurs itérations, une forme de plus en plus en adéquation avec le système à l'étude. Pour assister ce processus d'organisation des éléments, il est approprié de recourir à la théorie du Système Général (SG), élaborée par l'ingénieur Jean-Louis Le Moigne [Le Moigne, 1999; Le Moigne, 2006]. Cette approche permet d'identifier les sous-systèmes principaux que le modèle devrait contenir en regard de sa finalité.

Le système de DP, en respect de l'approche systémique, devrait être définissable par un SG [Doucet, 2008]. Le SG est lui-même défini comme « un objet qui, dans un environnement, doté de finalité, exerce une activité et voit sa structure interne évoluer au fil du temps, sans qu'il perde pourtant son identité unique » [Le Moigne, 2006]. Il appelle en conjoncture, les trois modes de modélisation : le mode **ontologique** relatif à ce que l'objet est, le mode **fonctionnel** relatif à ce que l'objet fait et, le mode **génétique** relatif à ce que l'objet devient. La définition « harmonieuse » d'un objet consisterait à définir l'objet par triangulation en pondérant les définitions ontologique, fonctionnelle et génétique dans une égale proportion [Le Moigne, 2006]. Pratiquement, le SG permet d'identifier des atomes et/ou des agencements d'atomes du système par la réponse à une série de questions organisées afin de faciliter son opérationnalisation [Doucet, 2008], selon les trois modes de définition, relativement aux trois grandes caractéristiques du SG dans ses environnements et ses finalités: ses activités, ses structures et ses évolutions.

Le tableau 3.1 suivant, inspiré des travaux de recherche de Doucet [Doucet, 2008], rend compte d'un canevas du SG (un modèle du modèle!). Une façon commode de remplir le tableau est d'abord d'identifier les activités, les structures et les évolutions par leur définition

ontologique, puis de déterminer les fonctions de ces activités, structures et évolutions, et enfin d'établir ce qu'elles deviennent.

Tableau 3.1 Canevas du Système Général

| | | | |
|--|---|---|---|
| | OBJET: Système Général du... DANS SON ENVIRONNEMENT: Définir l'environnement PAR RAPPORT À SES FINALITÉS: Déterminer les finalités | | |
| | TROIS GRANDES CARACTÉRISTIQUES DU SYSTÈME GÉNÉRAL | | |
| Modes de modélisation | Activités | Structures | Évolution |
| Fonctionnel (Ce que le système fait) | <i>Quels sont les processus mis en oeuvre dans le temps? Que fait l'engin noir?</i> | <i>Quel est la "trajectoire" du système? Quel est le programme de succession d'états?</i> | <i>Quel est la dynamique du système? Quelle est la chronique de la fonction d'état?</i> |
| Ontologique (Ce que le système est) | <i>Quelles activités du système sont des processeurs?</i> | <i>Que dévoilerait une radiographie du système?</i> | <i>Quelle différence dans la structure du système témoigne de son évolution?</i> |
| Génétique (Ce que le système devient) | <i>Quelle est l'intervention finalisante du système dans son environnement?</i> | <i>L'équilibration du système: comment se régule-t-il et s'adapte-il?</i> | <i>Quelles caractéristiques permettraient la reproduction du système?</i> |

Une clarification s'impose ici à l'égard de la « finalité du système de DP » et à l'égard de la « finalité de l'exercice de modélisation ». La finalité du système de DP a été explicitée à la section 2.2.2. : le DP vise essentiellement à rendre l'entreprise compétitive, productive et positionnée stratégiquement sur les marchés. Quant à la finalité de l'exercice de modélisation, celle que poursuit le modélisateur, elle consiste à réaliser un artéfact, en l'occurrence le MSDP, capable de donner du sens au DC. Or, il a été expliqué au chapitre 2 qu'en élevant le NDS des acteurs du DP à l'égard du DC, il serait possible d'augmenter leur performance en DC et de façon tributaire, la performance globale du DP. La finalité de l'exercice de modélisation est donc de développer un outil (l'artéfact nommé le MSDP) dans la finalité du système de DP.

Le tableau 3.2 suivant, constitue le résultat d'un exercice d'application du SG au système de DP. Plusieurs éléments y figurant proviennent en partie des modèles, notions ou théories discutés dans les sections et chapitres précédents. D'autres éléments émanent d'une réflexion initiée par les questions du tableau 3.1.

Enfin la prochaine section porte sur la structuration du MSDP, c.-à-d. l'établissement des liens entre les différentes composantes du MSDP. Elle constitue le dernier relai avant la création d'une représentation graphique du MSDP plus élaborée.

Tableau 3.2 Composantes du Système Général « Développement de produits »

| | | | |
|---|---|---|---|
| | <p>OBJET: Système Général du Développement de Produits (SGDP)</p> <p>DANS SON ENVIRONNEMENT: État de l'économie (taux de change, législation, politiques gouvernementales, prix des matières, main d'œuvre disponible, concurrence, condition des marchés, nouveaux marchés, appels d'offre, besoins des clients), Climat de travail, Culture organisationnelle, Lieu physique, Situation financière de l'entreprise, Positionnement technologique de l'entreprise, Comportements humains (valeurs, coutumes, attitudes, aptitudes, attentes, besoins, motivation, talents, imagination, humeur, santé physique et mentale, relations interpersonnelles, résistance aux changements, communication), Avancements scientifiques, Nouvelles technologies, Propriétés intellectuelles, Confiance des clients, Variations manufacturières, Catastrophes naturelles</p> <p>PAR RAPPORT À SES FINALITÉS: Rendre l'entreprise compétitive, Rendre l'entreprise productive, Positionner stratégiquement l'entreprise sur les marchés</p> | | |
| | TROIS GRANDES CARACTÉRISTIQUES DU SYSTÈME GÉNÉRAL | | |
| MODES DE MODÉLISATION | Activités | Structures | Évolution |
| Fonctionnel (Ce que le système fait) | <p><i>Quels sont les processus mis en oeuvre dans le temps? Que fait l'engin noir?</i></p> <p>Processus de conception Processus de gestion des ressources (idées, concepts, modèles 3D, dessins, outils de conception, connaissances, brevets, projets R&D, contrats, ressources humaines, ressources financières, ressources matérielles et énergétiques) Processus décisionnels Processus de négociation de sens Procédés de fabrication et d'assemblage</p> | <p><i>Quel est la "trajectoire" du système? Quel est le programme de succession d'états?</i></p> <p>Variations du niveau des réservoirs de ressources Variations de l'état des processeurs Variations de l'état du sous-système de décision Changement d'intensité des flux de ressources</p> | <p><i>Quel est la dynamique du système? Quelle est la chronique de la fonction d'état?</i></p> <p>Changement de performance en conception des concepteurs Changement de performance en gestion de la conception des décideurs</p> |
| Ontologique (Ce que le système est) | <p><i>Quelles activités du système sont des processeurs?</i></p> <p>Développement de concepts Développement de modèles 3D et prototypes Réalisation des dessins Fabrication</p> | <p><i>Que dévoilerait une radiographie du système?</i></p> <p>Acteurs du DP Structures organisationnelles (Unités d'affaires, hiérarchie, groupes, équipe, etc.) Matière et énergie Informations Argent Réservoirs de ressources Réseaux de relation, de mouvement de main d'œuvre, de transport de matière et d'énergie, de communication et de mouvement de valeurs monétaire</p> | <p><i>Quelle différence dans la structure du système témoigne de son évolution?</i></p> <p>"Métamorphose" des acteurs du DP (Ex.: Élévation du NDS accordé au DC par un acteur du DP) Nouveau système de décision (Ex.: Nouvelle finalité, nouveaux gestionnaires, nouvelles structures organisationnelles)</p> |
| Génétique (Ce que le système devient) | <p><i>Quelle est l'intervention finalisante du système dans son environnement?</i></p> <p>Les acteurs du DP s'articulent, s'organisent au niveau supérieur de complexification d'auto finalisation</p> | <p><i>L'équilibration du système: comment se régule-t-il et s'adapte-il?</i></p> <p>Coordination des actions Attribution équilibrée des ressources en fonction des résultats-objectifs des processeurs Ajustement du niveau des réservoirs de ressources</p> | <p><i>Quelles caractéristiques permettraient la reproduction du système?</i></p> <p>Transmission des connaissances et des savoir-faire Apprentissages systémiques Renouvellement des ressources</p> |

3.2.4 L'archétype de l'articulation d'un système complexe de 9^e niveau

En complément aux approches précédentes, l'archétype de l'articulation d'un système complexe de 9^e niveau [Le Moigne, 1999] peut être employé à titre de canevas d'agencement des atomes pour créer un modèle systémique simple qui pourra être par la suite décomposé selon les préceptes d'agrégativité et de pertinence de la systémique.

Jusqu'à maintenant, une série d'atomes du MSDP ont été identifiés et un simple agencement des processeurs permettant la transformation des idées en produits a été proposé à la figure 3.1. Avant d'effectuer une autre itération afin d'obtenir un MSDP plus élaboré, il est proposé d'utiliser un outil facilitant la structuration des interrelations entre les différents atomes.

L'ingénieur Jean-Louis Le Moigne propose une heuristique aidant l'exercice souvent difficile de l'organisation du modèle d'un système complexe. Ainsi, il définit un modèle archétype de l'articulation d'un système complexe en neuf niveaux [Le Moigne, 1999; Lugan, 2009]:

1. le phénomène est identifiable;
2. le phénomène est actif;
3. le phénomène est régulé;
4. le phénomène s'informe sur son propre comportement;
5. le système décide de son comportement;
6. le système mémorise;
7. le système coordonne ses décisions d'action;
8. le système imagine et conçoit de nouvelles décisions possibles;
9. le système se finalise.

Ainsi, on commence d'abord par *identifier* le phénomène (ici le « DP »), on le considère ensuite *actif* (le DP transforme des idées en produits) puis *régulé* (afin que le DP soit identifiable, il doit être perçu sous une forme montrant une certaine stabilité créée par une certaine régulation), et ainsi de suite. L'idée maintenant consiste à appliquer l'archétype de 9^e niveau de complexification de la modélisation systémique au DP. Le système de DP, un phénomène sociotechnique tel que mentionné dans la section 2.6.3 et par définition une organisation complexe, est en effet considéré comme un système s'autofinalisant, c.-à-d. qui

décide de ses finalités [Lugan, 2009]. La figure 3.3 suivante expose l'archétype de neuvième niveau de complexification du DP basé sur le schéma offert par Le Moigne [Le Moigne, 1999]. Sur le diagramme, les processeurs du DP forment le **système opérant** qui transforme essentiellement les idées vagues en produits. Le **système d'information** est constitué du système de gestion des connaissances (bases de données, mémoire collectives, réseautage, etc). Le **système de coordination** correspond aux systèmes de gestion du changement et de gestion des ressources. Le **système d'intelligence** se compose des systèmes de conception de l'organisation et de conception des modèles de décision. Le **système de finalisation** englobe la vision et les stratégies de l'entreprise relatives au DP. Les systèmes de coordination, d'intelligence et de finalisation forment le **système de décision**. Enfin, le système de DP et ses sous-systèmes baignent dans un environnement changeant, imprévisible et aléatoire. Le système de DP puise une part de ses ressources dans cet environnement mais il subit également les instabilités qui lui sont liées.

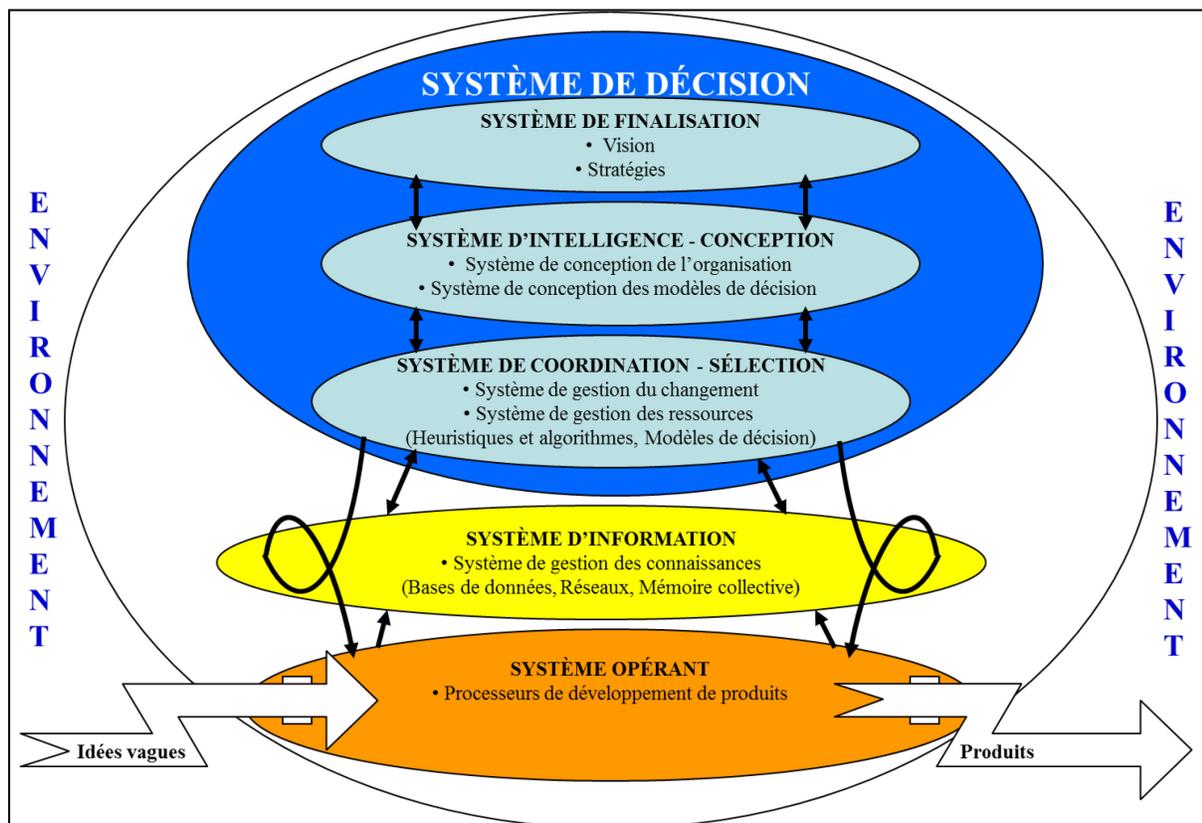


Figure 3.3 Archétype de neuvième niveau de complexification du DP

3.2.5 Une première version du MSDP

Par la voie d'une sophistication du modèle présenté à la figure 3.3, en combinant le modèle rudimentaire présenté à la figure 3.1, en utilisant les atomes pertinents identifiés précédemment selon les diverses méthodes présentées, une première version du MSDP est enfin esquissée. Elle est présentée à la figure 3.4.

Il est d'abord approprié de passer en revue ce résultat de modélisation de manière à en saisir toute la portée. Par la suite, une deuxième version du MSDP plus « développée » sera proposée.

Le système opérant

Les quatre processeurs identifiés dans le tableau 3.2 se retrouvent dans les cases alignées au bas du diagramme de la figure 3.4. Ils transforment, par définition, les intrants du DP en extrants. Cette transformation permet en fait de passer d'un domaine abstrait à un domaine concret et ce passage s'effectue au moyen d'un flux d'informations qui s'exprime par les différentes flèches de liaison. Durant recommande d'ailleurs, en vue d'un bon usage de l'approche systémique, d'utiliser l'information de préférence à l'énergie [Durant, 2006]. Les intrants de ce système sont constitués des « idées vagues » (pour exprimer le fait que ce sont des idées à moitié formées, plutôt floues). Les extrants sont évidemment les produits qui, dans une certaine proportion, correspondent parfois à des innovations technologiques. Le système de DP ne génère pas toujours en effet des innovations technologiques. En définitive, ce qui devrait être visé dans une entreprise n'est pas de fabriquer que des produits innovants mais plutôt, qu'une certaine proportion de ces produits le soit, et ce, sur une base régulière. Cela représente une approche équilibrée entre ce que Martin appelle l'*exploration* et l'*exploitation* [Martin, 2009]. Une entreprise ne réalisant que de l'exploration (c.-à-d. ne visant que l'innovation) pourrait devenir instable alors qu'une entreprise n'utilisant que l'exploitation (c.-à-d. ne réalisant aucune innovation) serait vouée, un jour ou l'autre, à un essoufflement [Martin, 2009].

Le système d'information

Le système d'information représente la manière de gérer les connaissances (c.-à-d. générer, capter, distiller, sauvegarder, transférer, diffuser les connaissances). Il est constitué de réservoirs (base de données, mémoires humaines) et de composantes de traitement de l'information (ordinateur, cerveaux humains). Le système d'information est interrelié au système opérant, décrit plus haut, et au système de décision décrit plus loin.

Le MSDP présente sept types de réservoirs : un réservoir de brevets; un réservoir d'idées; un réservoir de concepts, un réservoir de modèles 3D (maquettes virtuelles ou physiques); un réservoir de dessins; un réservoir de méthodologies et d'outils de conception; un réservoir de procédés de fabrication et d'assemblage. Ces réservoirs permettent l'adaptation satisfaisante du fonctionnement du système de DP tel que mentionné précédemment. Ils assurent, en même temps, une indépendance et un lien entre les processeurs.

Le système d'information est muni d'un « senseur » de l'environnement qui explore le marché. Il est composé de la veille technologique, du benchmarking, des études de marché, des conférences, colloques, expositions, spécifications techniques, besoins des clients. Ce senseur capte et filtre en quelque sorte l'information émanant de l'environnement et alimente le réservoir d'idées et le système de décision. Le « filtre » est conditionné par le système d'intelligence, sous-système du système de décision.

Le système de décision

Le système de décision constitue métaphoriquement le « système nerveux central » du système de DP. Il est lui-même formé d'un système de coordination, d'un système d'intelligence et d'un système de finalisation.

Le système de coordination comprend un système de gestion du changement et un système de gestion des ressources. Il regroupe des heuristiques, des algorithmes et des modèles de décision. Il participe activement à la régulation du système opérant.

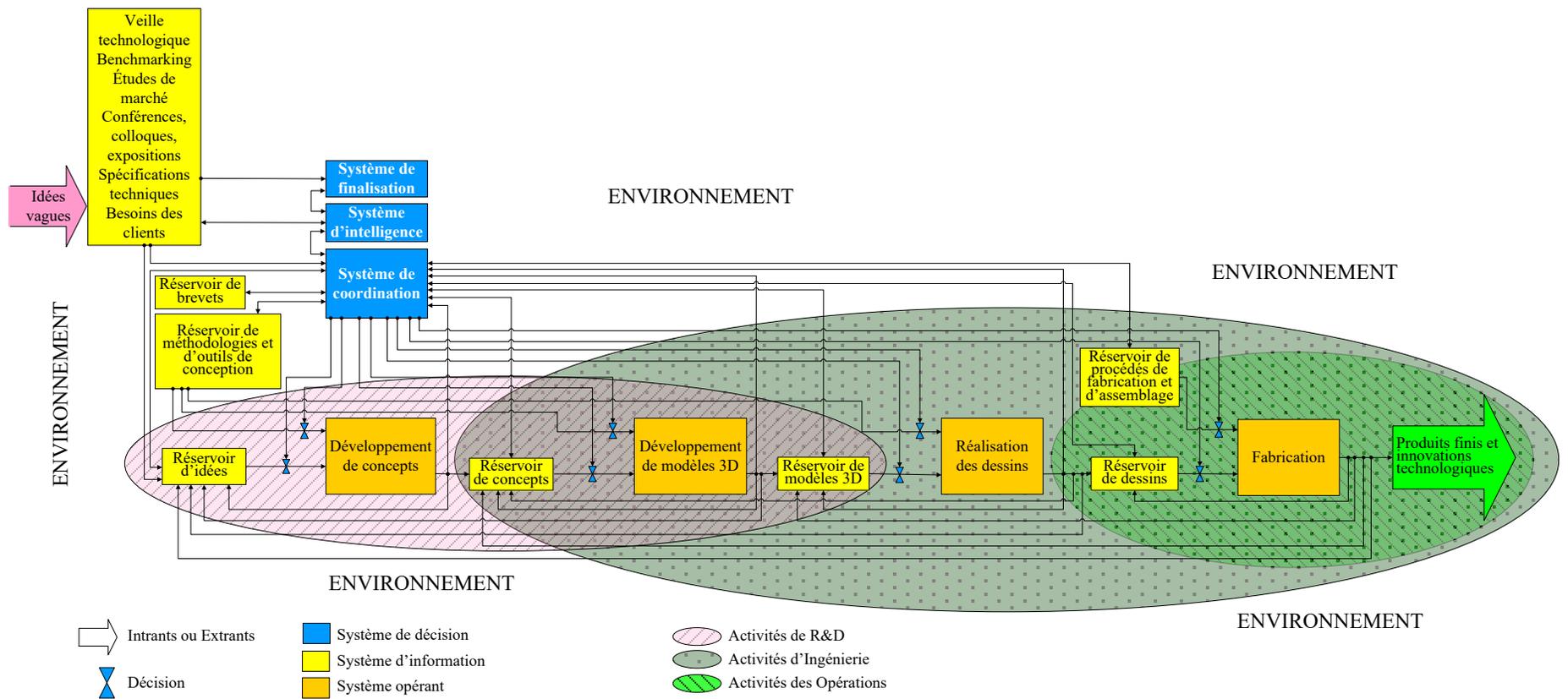


Figure 3.4 Première version du MSDP

Le système d'intelligence se situe à un niveau supérieur. Il est constitué d'un système de conception de l'organisation et d'un système de conception des modèles de décision. Il permet d'apporter les changements nécessaires au système de coordination pour contrer les « agressions » de l'environnement et faire évoluer le système de DP dans sa finalité.

Le système de finalisation chapeaute le système d'intelligence. Il dicte les finalités du système de DP. Il est constitué de la vision de l'organisation et des stratégies organisationnelles. Il fixe les bases de raisonnement du système d'intelligence.

Fonctionnement du DP expliqué au moyen du MSDP

Globalement, le système de coordination gère les niveaux des différents réservoirs selon la finalité déterminée par le système de finalisation et selon la conception des modèles de décision et de changement émanant du système d'intelligence. Le système de coordination « lance » le processus opérant (ou enclenche les processeurs), en effectuant la sélection des idées, des concepts, des modèles 3D, des dessins, des méthodologies et outils de conception et des procédés de fabrication et d'assemblage. Ces sélections (ou décisions) sont représentés par le symbole « X » dans le MSDP.

Les niveaux des réservoirs représentent des indicateurs de performance du système. En fait, les indicateurs sont relatifs au contenu des réservoirs et peuvent apparaître sous différentes formes : taux d'utilisation, de génération des nouvelles idées, concepts, modèles 3D, etc. Pour l'instant, on considère le niveau du réservoir comme « l'indicateur ». À titre d'exemple, un réservoir d'idées vide constituerait un indicateur précoce (*early warning*) à l'effet que le « taux d'innovations technologiques » pourrait diminuer dans un certain laps de temps. Le même raisonnement pourrait s'appliquer aux réservoirs de concepts et de modèles 3D. De plus, les niveaux des réservoirs pourraient indiquer comment les différentes ressources devraient être attribuées. Pour donner un autre exemple, le faible niveau d'un réservoir de concepts pourrait signifier que les méthodologies et outils de conception ne sont plus adaptés ou simplement inefficaces ou fondamentalement que l'entreprise n'y accorde pas assez de temps, d'effort, de sens. Dans ce cas, le système de coordination initierait de lui-même soit une démarche de recherche de nouvelles méthodologies ou outils (ou de modification de ceux-

ci), soit une démarche de conception de ceux-ci selon les heuristiques ou algorithmes qu'il détient et selon les directives du système d'intelligence.

Aussi, les réservoirs sont alimentés autant par l'environnement du système que par le système lui-même selon le paradigme de l'innovation ouverte de Chesbrough relaté antérieurement [Chesbrough, 2003]. Différentes boucles de rétroaction expriment ce phénomène « d'autogénération ». Par exemple, dans le processus de développement de concepts (c.-à-d. dans le processeur « Développement de concepts »), il est fort à parier que de nouvelles idées émergeront. Il est même possible, à l'examen des idées, d'en trouver d'autres (les idées amènent des idées!). Le même raisonnement s'applique aux autres types de réservoirs.

Les activités de R&D s'effectuent principalement au « début » du système opérant, soit à partir du « capteur » de l'environnement jusqu'au réservoir de modèles 3D. Ce sont des activités habituellement réalisées « hors contrat » (c.-à-d., sans entente particulière avec un client externe). Quant aux activités d'ingénierie (activités « contractuelles »), elles sont réalisées plus particulièrement à partir du réservoir des concepts jusqu'à la livraison des produits. Les activités des opérations constituent la « queue » du système opérant. Elles s'effectuent du réservoir des dessins jusqu'à la livraison du produit. Par conséquent, les activités de la R&D, l'ingénierie et les opérations se chevauchent.

L'état du système de DP se modifie au cours du temps selon les variations des niveaux des réservoirs, du type et du niveau d'activités propres aux diverses composantes sous l'influence d'un environnement changeant. Ces changements d'états identifiés au tableau 3.2 constituent la « trajectoire » ou la cinématique du système de DP [Le Moigne, 1999]. La dynamique du système de DP ou changement de la fonction d'état, toujours au tableau 3.2, fait référence notamment aux « métamorphoses » des acteurs du DP. Cette dynamique est examinée plus en détails dans le chapitre 6 traitant du développement d'un modèle systémique de développement de concepts (MSDC) et de sa simulation théorique.

La figure 3.5, présente une deuxième version du MSDP, plus compliquée cette fois.

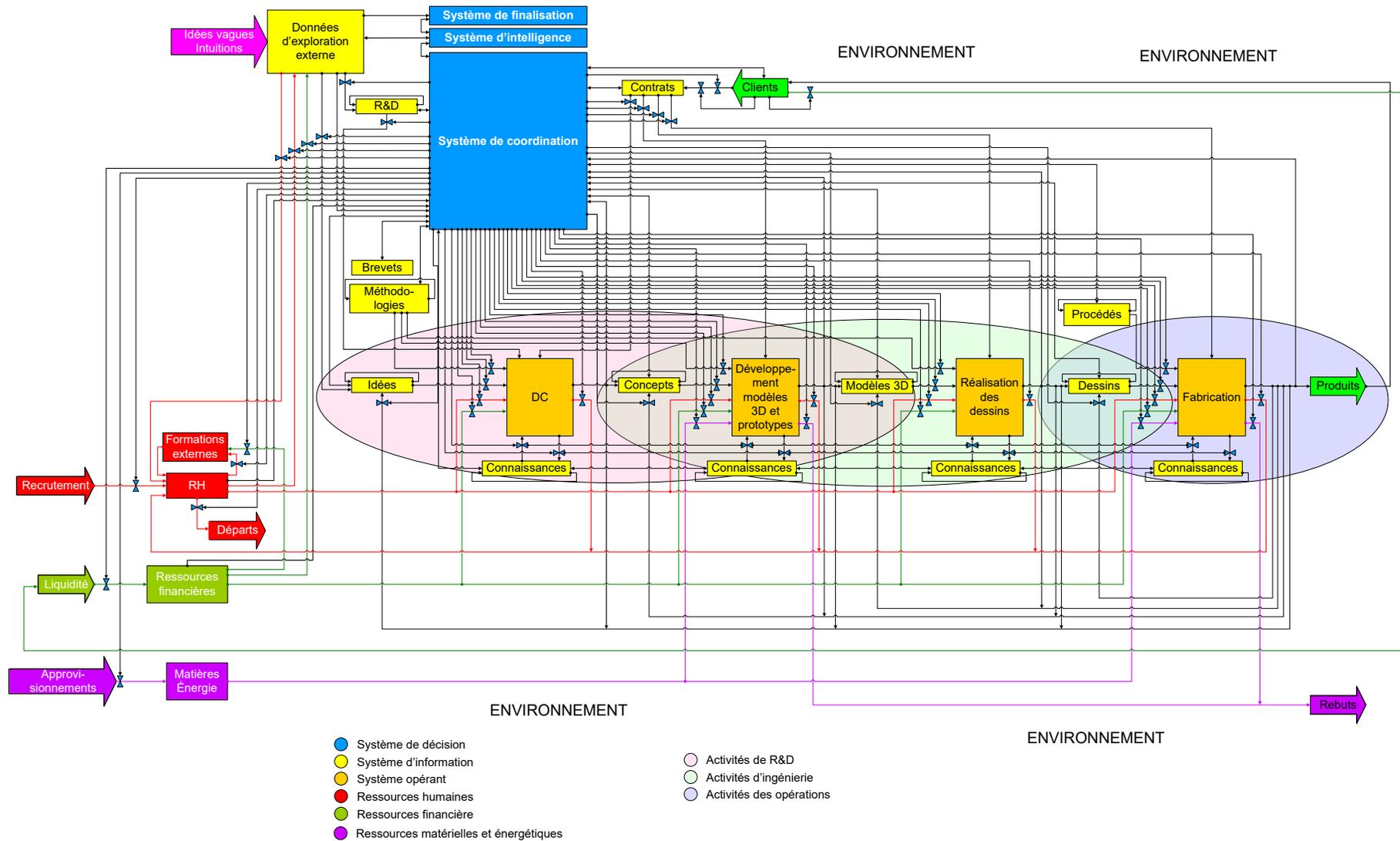


Figure 3.5 Deuxième version du MSDP

Le MSDP de la figure 3.5 intègre et interrelie en surcroît, les ressources humaines, financières, matérielles et énergétiques, les clients, la notion de contrat de fabrication octroyé par ces clients et les projets de R&D. Cette deuxième version du MSDP exemplifie le principe de modélisation systémique par essais successifs. Elle découle des préceptes de la systémique et de la compréhension du DP du modélisateur acquise par une accumulation d'expériences variées dans le domaine du DP s'échelonnant sur plusieurs années. Ce nouveau modèle permet maintenant une lecture plus précise du DP donnant la possibilité d'expliquer des fonctionnements plus subtils du phénomène. Par exemple, cette version du MSDP permet d'explicitier les mouvements de main d'œuvre, de flux monétaire, de matière et d'énergie entre les divers processeurs. Le développement des compétences des acteurs du DP par la formation externe y figure également. De plus, la plupart des fonctions déterminées à la section 3.3.2 sont maintenant plus explicites dans cette version. Ce MSDP exige cependant un effort supérieur de compréhension, ce qui a été perçu comme un facteur défavorable pour l'utiliser comme artéfact de réification dans une première séance d'élévation du NDS accordé au DC par les participants à la recherche (voir chapitre 5). Les participants auraient pu s'y perdre dans les détails, retardant du coup la prise de conscience souhaitée à l'égard du DC.

3.2.6 Vérification théorique du MSDP

Avec un modèle suffisamment développé, le doctorant suggère d'utiliser la méthodologie d'analyse de risque HAZOP (*HAZard and OPerability analysis*) de façon à apprécier la capacité du modèle à expliquer des comportements potentiels du système soumis à des perturbations (ou « déviations » selon la terminologie du HAZOP), une manière donc d'éprouver la robustesse théorique du modèle. Cet outil est particulièrement efficace avec les systèmes à circulation de fluides thermo hydrauliques [Gauthier, 1997]. Dans le cas du modèle systémique, le transfert d'informations peut simplement être assimilé à un « fluide ». Au terme de la démarche, un modèle plus robuste pourra être obtenu, suivant les modifications qu'on aura jugé nécessaire de lui apporter et pertinentes en regard de sa finalité, ainsi qu'un

répertoire d'explications²⁵ de divers comportements du système permettant de mieux statuer sur le champ d'application du modèle et ses limitations.

Le MSDP décrit à la figure 3.4 précédente a donc fait l'objet d'une analyse par l'application de la méthode HAZOP. Pour ce faire, l'outil a été modelé tel que montré à la figure 3.6. À partir de mots-clés et de paramètres prédéfinis qui sont de fait agencés en couple selon différentes combinaisons au choix du modélisateur, les dérives (c.-à-d. les déviations ou perturbations par rapport à une situation jugée normale), les causes potentielles de ces dérives, les conséquences de ces dérives, les moyens de détection de ces causes, les sécurités existantes pour éviter les dérives ou atténuer leurs effets et enfin, les propositions d'amélioration et observations sont déterminés de façon systématique, pour chacune des composantes du MSDP, en utilisant une approche de brainstorming. La figure 3.6 présente un extrait de l'application du HAZOP au MSDP.

| Mot clé | | Paramètre | | | | | | | |
|--------------|--|---------------|--|--|--|--|--|--|--|
| Ne pas faire | | Débit | | | | | | | |
| Plus | | Niveau | | | | | | | |
| Moins | | Temps | | | | | | | |
| En plus de | | Valeur | | | | | | | |
| Partie de | | Coût | | | | | | | |
| Inverse | | Têtes | | | | | | | |
| Autre que | | Fréquence | | | | | | | |
| Plus tôt | | Qualité | | | | | | | |
| Plus tard | | Échéancier | | | | | | | |
| Avant | | Performance | | | | | | | |
| Après | | Climat | | | | | | | |
| | | Décision | | | | | | | |
| | | Compétence | | | | | | | |
| | | Connaissances | | | | | | | |

| Date: | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------|-------------|--|--|---|--|--------------------------|---|--------------|
| Ligne ou élément: | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| N° | Mot clé | Paramètre | Dérive | Causes | Conséquences | Détection | Sécurité existantes | Propositions d'amélioration | Observations |
| 1 | Plus tard | Échéancier | Depasser les échéances. | Méthodologies ou outils de développement inadéquats. Manque de compétences et de connaissances. Manque de têtes. | Baisse du niveau d'innovation. Réduction de la R&D. Baisse de performance de la conception. | Nombre mensuel d'idées transformées en concepts. | Système de coordination. | Avoir des experts en conception oeuvrant au sein des communautés de pratique. Affichage des nouveaux concepts dans un endroit dédié. | |
| 2 | Ne pas faire | Performance | Faible quantité et qualité des concepts. | Méthodologies ou outils de développement inadéquats. Manque de compétences et de connaissances. Manque de têtes. | Baisse du niveau d'innovation. Réduction de la R&D. Baisse de performance de la conception. | Nombre mensuel d'idées transformées en concepts. Valeur des concepts développés. | Système de coordination. | Avoir des experts en conception oeuvrant au sein des communautés de pratique. Établir des critères d'évaluation des concepts. Travailler en "communauté de pratique". | |

Figure 3.6 Extrait du HAZOP appliqué pour l'analyse du MSDP

²⁵ Un tel réservoir d'explications pourrait faire référence à un portefeuille de réponses construit par une entreprise afin de développer sa résilience c.-à-d. sa capacité à savoir faire face à des situations imprévues [Autissier *et al.*, 2006].

Une grille complète HAZOP a été appliquée à l'ensemble du modèle. Un extrait de cette grille pour les éléments « Développement de concepts » et « Réservoir de concepts » du MSDP de la figure 3.4 est présenté à l'annexe A.

À la suite du processus HAZOP réalisé par le doctorant, le MSDP de la figure 3.4 s'est montré suffisamment robuste, c.-à-d. capable de résister aux « agressions » définies par le doctorant et d'expliquer la réalité en regard de la finalité selon les préceptes de la systémique, au plan théorique au point d'être considéré un artefact adéquat pour réifier le DC dans la portion empirique de cette recherche. Les quelques points suivants, rejaillissant de l'exercice, mettent en relief l'utilité du HAZOP à construire un répertoire d'explications et d'améliorations de comportements possibles du phénomène reposant sur le modèle :

- il serait souhaitable en DP, tel que mentionné dans la section 2.1.4, d'utiliser les capacités auto-organisatrices et de développement de connaissances propre aux communautés de praticiens (CdP). Pour ce faire, en examinant le MSDP, il s'agirait d'intervenir au niveau du système d'intelligence, car c'est l'endroit où la conception de l'organisation origine. Comme les principaux acteurs du système d'intelligence sont habituellement les gestionnaires (dans le présent contexte), ils ont donc un rôle important pour créer et soutenir les CdP;
- l'apport d'un expert de l'innovation en contexte de DP, occupant un siège de la haute direction (*Chief Innovation Officer*) d'une grande entreprise pourrait s'avérer avantageux [Miller et Morris, 1999]. Un tel individu connaît les différents outils et méthodologies de DP, les outils de gestion du changement et les modèles de décision. Il agit comme un catalyseur, comme un facilitateur. Cet expert serait donc en mesure de modifier l'organisation et les modèles de décision selon les changements devenus nécessaires pour la viabilité de l'entreprise. Il est en mesure d'agir au niveau du système d'intelligence en usant de son pouvoir d'influence sur le management. Dans une petite entreprise par ailleurs, ce rôle pourrait être tenu à titre d'exemple par le responsable de l'ingénierie;
- le MSDP de la figure 3.4 pourrait être considéré comme un outil de gestion et un outil didactique. En fait, comprendre le fonctionnement du DP est fondamental pour pouvoir

intervenir intelligemment et favoriser l'innovation notamment par des décisions adéquates. Le MSDP permet cette compréhension en contribuant à l'intelligibilité du système. Tous les acteurs du DP pourraient donc bénéficier du MSDP en se l'appropriant;

- un aspect essentiel en innovation serait de savoir reconnaître et apprécier les bonnes idées [Forssèn, 2002]. En extrapolant, cela s'appliquerait également aux concepts, modèles 3D, dessins et produits. Le MSDP montre d'ailleurs que ces éléments doivent tous faire l'objet d'une évaluation (représentée par le symbole d'une valve) avant de passer au processeur suivant. Les acteurs du DP et particulièrement les gestionnaires, par le rôle décisionnel qu'ils détiennent, devraient donc être en mesure de déterminer au plus juste la valeur de chacun de ces éléments;
- la veille scientifique et technologique pourrait être formalisée et supportée par les gestionnaires du DP en dédiant des ressources et du temps pour accomplir cette activité cruciale. La veille permet d'observer les changements dans le marché, les avancées scientifiques et technologiques et ce, dans différents domaines. Elle constituerait une « sonde intelligente », en quelque sorte, de l'environnement. Tous les acteurs du DP seraient habilités à faire ce type de recherche;
- pour encourager la collaboration et la communication au sein des CdP, mais aussi avec les acteurs externes, la contribution d'un outil informatique peut s'avérer avantageuse [Figallo et Rhine, 2002]. Cet outil permet notamment de créer des Blogs, des forums de discussion, de stocker les divers outils et méthodologies de développement de produits ou procédés, les idées, les concepts, etc. Il contribue à la formation des différents réservoirs de connaissances du MSDP et à leurs interconnexions;
- l'aménagement des bureaux peut contribuer à créer le climat favorable à l'innovation comme mentionné à la section 2.5.3. Par exemple, dédier des espaces pour afficher les nouvelles idées ou concepts peut inciter les acteurs à en générer d'autres (« autogénération » telle que mentionnée à la section 2.5.1). Ce genre d'espace devient un milieu favorable au dialogue et

à la créativité. Il donne vie et attribue une apparence concrète au « réservoir d'idées » et au « réservoir de concepts » du MSDP.

L'outil HAZOP a fourni en somme une grille de questionnement favorisant la créativité par une logique d'abduction permettant de passer au crible le MSDP. La recherche de réponses à ces questions permet de vérifier la complétude (selon le précepte d'agrégativité de la systémique) et la robustesse du modèle, c.-à-d. sa capacité à expliquer un ensemble de comportements variés du système soumis à des perturbations et reliés à des notions de la littérature jugées importantes en regard de la finalité. Elle peut aussi dicter des modifications à apporter au modèle afin de le rendre plus robuste à expliquer d'autres comportements. Le HAZOP serait d'autant plus avantageux toutefois s'il était effectué par une équipe de personnes habilitées de manière à améliorer la définition des dérives notamment et à bénéficier d'un dialogue constructif. De plus, le HAZOP pourrait s'appliquer pareillement à chacun des liens assurant l'interconnexion des éléments. Toutefois, il est permis de croire que l'exercice appliqué au MSDP présenté à la figure 3.5 serait de grande envergure.

3.3 Étape 3 de la modélisation – Étudier le comportement du modèle

À la troisième étape de la modélisation, le modèle systémique émanant de l'étape précédente est étudié de façon à valider si le modèle, théorique pour l'instant, reflète suffisamment bien le phénomène qu'il est censé représenter. On cherche à savoir si sa structure et ses paramètres ont une valeur acceptable et s'ils permettent de rendre compte du système observé. Il s'agit donc d'étudier l'adéquation du modèle avec le phénomène réel [Moles, 1995]. Le modèle est ainsi confronté à d'autres modèles issus de la littérature et à des théories reconnues scientifiquement dans les domaines concernés. Sa capacité à expliquer des événements observés et liés au phénomène réel permet également de vérifier si le modèle reflète suffisamment la réalité pour être d'une utilité pratique. On vérifie également la capacité de prédiction du modèle. Le modèle est enfin soumis à la critique des acteurs du phénomène dans le but de le valider sur le terrain, c.-à-d. de vérifier si les acteurs s'y reconnaissent. En fait, le test du terrain permet de vérifier si les acteurs du DP œuvrant au sein du système de développement de produits, reconnaissent leur rôle, leurs tâches, leurs activités dans le

modèle. L'étude du comportement du modèle systémique est une étape délicate reposant sur les qualités d'appréciation et d'imagination du modélisateur [Durant, 2006].

Pour Moles, la modélisation repose sur l'axiome « que celui qui construit un simulacre d'un phénomène ou d'un être, par des techniques appelée modélisation, sait nécessairement quelque chose sur la nature du phénomène ou de l'objet qu'il simule » [Moles, 1995]. Incidemment, le MSDP tel que montré aux figures 3.4 et 3.5 reflète la connaissance en DP du modélisateur qui a été acquise au fil du temps par la voie académique, par les expériences de travail et par les activités reliées à la présente recherche. Il représente un modèle du DP parmi d'autres, en accord avec le postulat de la modélisation sur la pluralité des modèles et des méthodes de modélisation [Le Moigne, 2006]. Le modèle a été créé à partir de théories issues du domaine du DP et repose sur un agencement d'atomes basé sur la théorie du système général. En cela, il détient déjà une certaine validité. Les prochaines sections se consacrent à une validation plus « élargie » du MSDP, en confrontant d'abord le modèle avec les « dix commandements » de l'approche systémique élaborés par de Rosnay [de Rosnay, 1975]. Ensuite, le MSDP sera comparé à quelques modèles de la littérature. Enfin, la capacité du MSDP à refléter la réalité, le phénomène réel, est vérifiée en expliquant des constats de la littérature relatifs au DP, c.-à-d. en utilisant le MSDP comme base argumentaire. Il s'agit d'une validation théorique pour l'instant. Une validation empirique du MSDP sera discutée dans les deux prochains chapitres.

3.3.1 Les « dix commandements » de la systémique

Joël de Rosnay propose un ensemble de règles relatives à l'approche systémique, découlant des propriétés et des comportements des systèmes complexes. Elles régissent le fonctionnement des systèmes complexes, permettent de mieux comprendre ces systèmes et d'agir sur eux. La systémique n'est intéressante en effet que si elle aboutit à une acquisition de connaissances et à l'amélioration de l'efficacité des actions posées [de Rosnay, 1975]. La reconnaissance de ces règles par l'utilisation du modèle constituerait en soi une forme de validation du modèle. Voici donc les « dix commandements » de l'approche systémique, à travers chacun desquels le MSDP est examiné. La démarche se voulant une forme de validation théorique sans être exhaustive en conformité aux préceptes de la systémique, consiste à expliquer ces

commandements en utilisant le MSDP. En fait, si le modèle permet de supporter l'explication de ces règles, il y a donc une certaine évidence que le modèle représente adéquatement un système complexe dans ses nuances. La voie empruntée ici s'apparente à celle utilisée par le professeur Michel Maldague, ingénieur et chercheur, dans un traité dédié à l'approche systémique [Maldague, 2006].

1. « Conserver la variété »

Ce premier commandement réfère à l'importance de conserver la variété pour conserver la stabilité d'un système complexe. La simplification est dangereuse parce qu'elle entraîne des déséquilibres. En gestion par exemple, les canaux de communication sont simplifiés quand une centralisation excessive est pratiquée, appauvrissant les interactions entre les individus (par exemple, les ordres viennent « d'en haut » et sont transmises « en bas », telle une chaîne de commandement rigide observée dans certains régimes autocratiques) et introduisant « le désordre, le déséquilibre et l'inadaptation à des situations rapidement changeantes » [de Rosnay, 1975].

Le MSDP présenté à la figure 3.4, semble « visuellement » centraliser toutes les décisions. Or, de fait, cette représentation ne fait que regrouper graphiquement l'ensemble des décisions du système de DP mais elle peut aussi bien exprimer les modèles de décisions de nature centralisée, de nature décentralisée ou de nature mixte. Ces modèles, propre aux entreprises, sont construits dans le « système d'intelligence » identifié dans le MSDP. Le MSDP est donc assez général pour expliquer ces différents modes de pensée. Un éclatement du système de décision en une granulométrie plus fine permettrait de produire un modèle correspondant à des cas particuliers du rapport « centralisation/décentralisation » des décisions. Par ailleurs, il faut faire la distinction entre premièrement *la simplification de la représentation graphique* et deuxièmement *la simplification consistant à omettre des éléments importants et/ou des relations entre les éléments ou négliger des boucles de contre réaction*. Le commandement cité concerne la deuxième signification. À titre d'exemple, le MSDP de l'annexe D est une représentation simplifiée du MSDP de la figure 3.4 mais il demeure représentatif de la même complexité.

2. « Ne pas ouvrir des boucles de régulation »

Ce commandement concerne spécialement les actions à court terme qui très souvent coupent « une boucle de stabilisation, ou un ensemble imbriqué de boucles de rétroaction » [de Rosnay, 1975]. C'est la croyance d'agir sur les causes pour mieux contrôler les effets quand, en vertu de l'axiome d'inséparabilité mentionné à la section 3.2, les éléments se présentent simultanément comme produit et effet, comme producteur et cause l'un de l'autre.

En période de récession par exemple, les gestionnaires tendent naturellement à couper les budgets de R&D, service dont la valeur n'est pas tangible, alors qu'il faudrait agir de façon tout-à-fait opposée [Turenne, 2009]. Cette pratique mène à des réductions de dépenses à court terme, mais elle peut s'avérer désastreuse à plus longue échéance. Quand l'économie reprend de la vigueur, l'entreprise n'est pas en mesure de répondre aux besoins des clients n'ayant pas investi dans le développement de nouveaux produits. On stoppe ainsi le processeur du « développement de concepts » en bloquant l'intrant de ressources et les boucles de rétroaction tel qu'il peut être visualisé avec le MSDP de la figure 3.5. Par ailleurs, l'apprentissage systémique, une forme de « retour d'expérience », considéré comme la clé de voute du DP par Verganti [Verganti, 1997], repose fondamentalement sur les rétroactions provenant des phases à l'aval du DP vers les phases à l'amont ce que le MSDP présente avec des flèches de feedback de manière éloquente. Ouvrir ces boucles annulerait donc tous les retours d'expériences.

3. « Rechercher les points d'amplification »

Il est possible en analysant un système au moyen de son modèle et de la simulation, d'identifier des points sensibles, lesquels amplifieront ou inhiberont ses extrants [de Rosnay, 1975].

En scrutant le MSDP présenté aux figures 3.4 et 3.5, il appert que la qualité des extrants des processeurs succédant le « développement de concepts » (DC) sera lourdement influencée par la qualité des concepts sélectionnés dans le réservoir de concepts de produits. Le DC serait donc un lieu d'amplification ou d'inhibition du DP. C'est d'ailleurs ce que la littérature révèle tel que mentionné dans le chapitre 2. Cependant, au sein même du DC, les acteurs y œuvrant représentent eux-mêmes des facteurs d'amplification ou d'inhibition puisque ce sont eux qui

incarnent le DC. Le gestionnaire de produit, appelé aussi le décideur, détiendrait l'influence la plus importante à cet égard, comme il a été mentionné à la section 2.6.4. Par ailleurs, il faut noter que le MSDP à lui seul ne permet pas d'identifier ledit lieu d'amplification sans une connaissance minimale du DP. Un langage graphique avec des formes caractéristiques aurait pu contribuer à identifier plus clairement ce lieu d'amplification mais à la condition de connaître ce langage²⁶. Le MSDP permet d'observer graphiquement les relations entre les éléments et d'aider à comprendre pourquoi tel processeur pourrait être considéré comme un lieu d'amplification.

4. « Rétablir les équilibres par la décentralisation »

Ce « commandement » est intrinsèquement relié au premier. Il constitue une application de la loi de la variété requise. Afin de rétablir rapidement l'équilibre du système, les écarts doivent être détectés aux mêmes endroits qu'ils se produisent et l'action de correction doit s'effectuer de manière décentralisée [de Rosnay, 1975].

En DP, pour parvenir à une telle décentralisation, le travail en communauté de praticiens (CdP) pourrait être favorisé, puisqu'il signifie une certaine autonomie décisionnelle comme il a été évoqué dans la section 2.1.4. Le MSDP, tel que présenté aux figures 3.4 et 3.5 admet une organisation de cette nature. Bien que l'arrangement des processeurs demeure le même, le système d'intelligence permet un design d'organisation propice aux CdP. Le design de structures organisationnelles appartient tout particulièrement aux gestionnaires comme il a été expliqué dans la section 2.1.4.

5. « Savoir maintenir les contraintes »

Pour maintenir un système complexe dans un mode de fonctionnement désiré, il est nécessaire d'imposer certains types de contraintes. En l'absence de contraintes adéquates, le système peut se comporter de manière insatisfaisante, voire dangereuse pour la destruction du système [de Rosnay, 1975].

²⁶ Senge propose des *systems archetypes* permettant graphiquement d'identifier divers types de processeurs [Senge, 2006].

Ainsi comme mentionné à la section 3.4.3, si les acteurs du DP se consacrent uniquement au DC, en avantageant l'exploration au détriment de l'exploitation, ils mettent l'entreprise en péril, celle-ci n'ayant aucun produit réel à offrir à ses clients. De même, l'entreprise pour laquelle les acteurs du DP n'allouent aucun effort au DC, en privilégiant l'exploitation à l'exploration, risque sa disparition du marché puisque ses produits non renouvelés seront tôt ou tard surpassés par ses concurrents. Il est donc important d'appliquer les contraintes sur l'allocation des ressources de façon à obtenir un équilibre entre l'exploration et l'exploitation. Les différents réservoirs du MSDP, par la qualité et le niveau de leur contenu, permettent d'ajuster les contraintes. Le MSDP de la figure 3.5 est en mesure d'en soutenir l'explication.

6. « Différencier pour mieux intégrer »

« Il n'y a pas de vraie union sans antagonismes, rapports de forces, conflits [...] Seule l'union dans la diversité est créatrice. Elle accroît la complexité, conduit à des niveaux plus élevés d'organisation » [de Rosnay, 1975].

Dans la section 3.2.1, il est mentionné que l'ordre et le désordre doivent coexister dans l'entreprise. Ainsi, en DP, les concepts de produits sont créés dans un certain désordre par un travail de nature chaotique des acteurs (voir la section 2.3) mais en même temps, ce sont les concepts de produits qui permettent le travail de nature ordonnée dans les phases en aval du DP. En somme, il faut du désordre pour créer des concepts de produits et de l'ordre pour transformer ces concepts en produits. Le réservoir de concepts, montré dans le MSDP, constitue donc un atome charnière du DP.

7. « Pour évoluer, se laisser agresser »

Un système très stable telles les organisations préférées par les entreprises (voir la section 2.1.3) ne peut évoluer qu'en captant et utilisant les signaux de changement provenant du monde extérieur. L'entreprise doit alors renouveler ses structures et favoriser la mobilité de ses acteurs et des idées [de Rosnay, 1975].

Le MSDP montre un « capteur » de signaux de l'environnement (voir le rectangle en haut à gauche de la figure 3.4). Ce capteur est également connecté au système de décision lequel

modifiera au besoin et selon la capacité des décideurs à comprendre les signaux, les structures décisionnelles, les règles d'allocation des ressources et les critères de sélection des idées et des concepts.

8. « Préférer les objectifs à la programmation détaillée »

En cybernétique, un servomécanisme corrige les écarts du système par rapport au but visé au moyen de contrôles dont il est muni. Il s'adapte à la complexité. Par contre, une machine automatique à commande rigide est programmée pour certains types de perturbation, mais pas pour d'autres. Elle ne s'adapte qu'aux situations préprogrammées. Ces principes s'appliquent aussi aux systèmes humains. Ainsi, « la définition des objectifs, les moyens d'y parvenir et la détermination des échéances importent plus que la programmation détaillée d'actions quotidiennes » [de Rosnay, 1975].

L'approche japonaise de l'innovation en DP, mentionnée à la section 2.2.4, utilise en fait le principe du servomécanisme pour réguler le système de DP. Toutes les décisions ainsi que les actions posées par les acteurs sont en effet guidées par les objectifs (système de finalisation du MSDP) et par les échéances (système de coordination du MSDP). Dans le cas d'une telle entreprise, le flux d'information transmis entre les processeurs, le système d'information et le système de décision, exprimé par des flèches sur le MSDP de la figure 3.5, serait donc plus intense et moins prévisible qu'une entreprise de nature « programmée », axée sur une planification détaillée et précise.

9. « Savoir utiliser l'énergie de commande »

Un servomécanisme répartit les informations qui commandent ses processeurs. De la même manière, le gestionnaire d'une organisation contribue à distribuer l'énergie de commande du système qu'il dirige, en établissant des boucles de retour des informations vers le système de décision [de Rosnay, 1975]. Il utilise l'énergie de commande pour déclencher et contrôler l'énergie de puissance activant les processeurs.

Les processeurs du MSDP de la figure 3.4 ou de la figure 3.5 sont les lieux où la puissance déployée par les acteurs du DP est utilisée pour forger une idée vague au départ jusqu'à

l'atteinte d'un produit vendable au client. Cette énergie de puissance est contrôlée par l'énergie de commande provenant du système de décision du MSDP.

10. « Respecter les temps de réponse »

Tous les systèmes détiennent un temps de réponse associé aux boucles de rétroaction, aux délais d'écoulement des flux et aux divers réservoirs. Dans les entreprises, il est préférable de comprendre la dynamique du système et de prévoir les délais de réponse, que de forcer l'exécution. Il faut chercher à déclencher une action au bon moment, c.-à-d. quand le système est prêt [de Rosnay, 1975].

Cet aspect du temps de réponse, combien important, est repris au chapitre 6 qui se consacre à la modélisation et à la simulation du développement de concepts à partir de modèles issus du MSDP. Les conséquences du temps de réponse sont en effet mieux figurées par l'approche de la simulation. Le dixième commandement de la systémique permet donc de constater que le MSDP est moins en mesure d'explicitier les effets des temps de réponse et des boucles de rétroaction.

Hormis la précédente réserve, le MSDP permettrait donc de façon satisfaisante d'expliquer les « commandements » de la systémique. Ces commandements vus à travers le MSDP illustrent la capacité de la représentation graphique à faire comprendre un problème, et à faciliter la recherche de solutions. La représentation graphique offre en effet un avantage sur la représentation phrasée ou séquentielle, car elle permet d'organiser l'information par localisation et de façon explicite. Cette organisation de l'information fournit une grande quantité d'inférences perceptuelles, lesquelles seraient extrêmement faciles à effectuer par l'humain [Larkin et Simon, 1987]. La force du modèle systémique s'apparente en fait à celle d'une carte heuristique. Cette dernière constitue un des rares outils combinant l'utilisation simultanée des deux hémisphères du cerveau de l'être humain, à savoir le côté créatif et le côté rationnel, en parfaite synergie [Deladrière *et al.*, 2004]. N'est-ce pas en écho avec la conclusion de la section 2.5.3?

La prochaine section compare le MSDP avec d'autres modèles de DP recensés dans la littérature. Le caractère générique du MSDP permettrait d'englober plusieurs visions différentes.

3.3.2 La comparaison du MSDP avec des modèles de la littérature

Le modèle de Cooper

Le modèle de système "Stage-Gate" de Cooper est fréquemment cité dans la littérature. La figure 3.7 suivante présente ce modèle qui a été adopté par plusieurs grandes entreprises depuis le milieu des années 1980 [Cooper, 2009]. Le modèle a cependant bénéficié de nombreuses améliorations effectuées par les entreprises elles-mêmes. Ces améliorations ont d'ailleurs été reconnues et encouragées par le créateur du *Stage-Gate*. Cooper mentionne que les firmes qui se sont appropriées le modèle en ont fait un système plus expansible, plus flexible et en mesure de mieux s'adapter aux besoins de l'entreprise [Cooper, 2009]. À l'instar du modèle *Stage-Gate* de Cooper, le MSDP présente une série de processeurs entre lesquels des décisions sont prises (schématisées par des valves sur le MSDP), comparables aux jalons (*gates*) du modèle Cooper. Bien que le « découpage » des processeurs soit différent sur les deux modèles, le principe d'un processus jalonné est utilisé dans les deux simulacres.

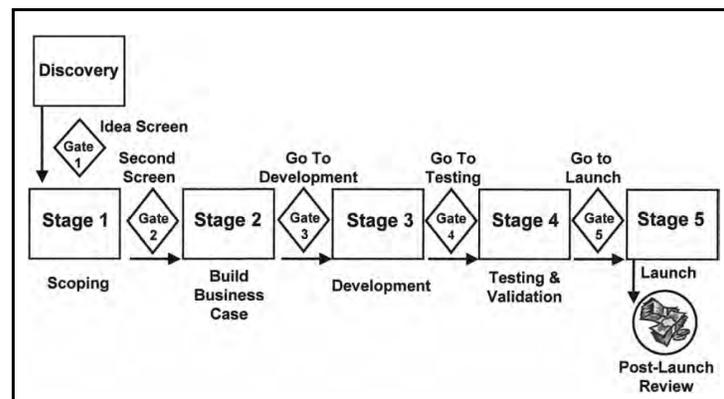


Figure 3.7 Modèle du système de *Stage-Gate* de Cooper [Cooper, 2009]

Le modèle de Cooper pourrait aisément être expliqué par le MSDP. Ce dernier affiche toutefois des éléments absents du modèle de Cooper. Il intègre en effet des sous-systèmes d'information et de décisions, lesquels permettent une compréhension plus profonde du système de DP. En l'absence de tels sous-systèmes, le modèle de Cooper se présente plutôt

sous l'aspect d'une « machine automatique ». Il n'est donc pas étonnant que le modèle de Cooper ait fait l'objet de critiques comme mentionné dans la section 2.2.4 Une « machine automatique » s'avère inappropriée pour opérer dans un environnement imprévisible comme il fut évoqué dans la section précédente.

Le modèle de Coates

Le modèle du processus d'innovation proposé par Coates, présenté sur la figure 3.8 suivante, agirait comme processus structuré simple du *Fuzzy Front End*, améliorant la productivité et le « débit » de concepts innovants. Coates clame qu'apparemment, un modèle utilisant un flux continu d'innovations tel qu'il le propose ne serait pas disponible dans la littérature. Un élément clé de ce modèle est la méthodologie TRIZ²⁷ pour la résolution de problèmes. Le chercheur prétend que cette combinaison améliore la productivité du processus d'innovation [Coates, 2009].

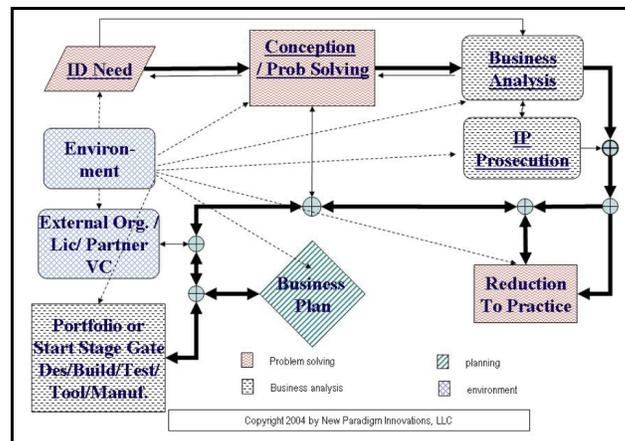


Figure 3.8 Modèle du processus d'innovation de Coates [Coates, 2009]

Chacune des composantes du modèle de Coates se retrouve dans le MSDP. Ainsi, le “*ID needs*” (identification des besoins) correspond au capteur de l'environnement du MSDP décrit dans la section 3.4.3; le “*Conception/Prob Solving*” (conception et résolution de problème) correspond au développement de concepts du MSDP; le “*Business Analysis*” (analyse d'affaires) s'effectue dans le sous-système de décision du MSDP; le “*IP Prosecution*” (processus d'innovation relatif à la propriété intellectuelle) correspond au réservoir de brevets

²⁷ « TRIZ » est un acronyme russe faisant référence à la *théorie de résolution de problèmes inventifs*. Elle a été développée par Genrich Altshuller [Altshuller, 2000].

en relation avec le sous-système de décision du MSDP; le “*Reduction to practice*” (prototypage physique) correspond au développement de modèles 3D du MSDP; le “*Business Plan*” (plan d’affaires) correspond au sous-système de finalisation du MSDP; Le “*Portfolio*” (portefeuille) correspond au réservoir de concepts de produits du MSDP. Enfin, l’ensemble des composantes du modèle de Coates est sous l’influence d’un environnement, tout comme le sont toutes les composantes du MSDP.

Le modèle de Coates pourrait se confondre à un modèle de développement de concepts. Or, un tel modèle est intégré dans le MSDP comme il a pu être constaté au paragraphe précédent. Toutefois, vu l’importance du DC telle qu’évoqué par Coates, le chapitre 6 sera consacré à l’élaboration d’un modèle systémique du développement de concepts (MSDC) dont les « atomes » seront scindés en « particules » plus fines par rapport au MSDP actuel de manière à étendre la réflexion.

Le modèle de Prasad et Nori

Prasad et Nori ont construit un modèle du système d’affaires dont la structure s’inspire de vieux textes sacrés hindous, lesquels décrivent l’*esprit*, l’*intellect* et le *corps* d’un être humain pour une vie holistique et l’atteinte de l’excellence [Prasad et Nori, 2008]. Puisque l’entreprise peut être assimilée à un système vivant muni d’une finalité, les chercheurs appliquent la métaphore hindoue au système d’affaires. Incidemment, les systèmes de « l’esprit », de « l’intellect » et du « corps » sont définis pour une organisation. De plus, les systèmes de « l’intellect » sont composés de « structures profondes » et de « structures de surface » [Prasad et Nori, 2008].

Prasad et Nori utilisent le modèle construit pour étudier l’adoption des innovations dans l’organisation. Ils mentionnent que les structures profondes de l’*intellect* sont nécessaires à l’adoption des innovations radicales alors que les structures de surfaces peuvent suffire pour adopter les innovations incrémentales [Prasad et Nori, 2008].

Les systèmes de « l'esprit » de l'organisation correspondent à la vision, la mission, les valeurs, la gouvernance et la communication. Ces systèmes sont ainsi similaires au *système de finalisation* du MSDP. Les systèmes de « l'intellect » sont reliés aux systèmes de connaissance qui dirigent l'entreprise. Les structures profondes des systèmes de « l'intellect » sont notamment reliées à la création et à la compréhension des modèles d'affaires appropriés. Elles sont donc similaires au *système d'intelligence* du MSDP. Les structures en surface des systèmes de « l'intellect » correspondent aux systèmes de gestion permettant l'obtention des résultats finaux par l'utilisation de la connaissance. Elles coïncident alors avec le *système de coordination* du MSDP. Enfin, les systèmes du « corps » représentent l'endroit où le travail est effectué. Ils sont donc assimilables à l'ensemble des *processeurs* du MSDP.

En définitive, le MSDP serait suffisamment semblable au modèle développé par Prasad et Nori pour être utilisé à l'étude de l'adoption des innovations au sein de l'entreprise. Ainsi, en DP, l'adoption des innovations radicales à l'égard du produit, s'effectue d'abord quand les acteurs du DP adoptent de nouveaux concepts de produit. Donc, selon les similarités qui ont été établies entre les deux modèles au paragraphe précédent, l'adoption de nouveaux concepts de produit prendrait racine dans le système d'intelligence du MSDP. Comme le gestionnaire de produits détient un rôle particulièrement important dans le fonctionnement du système d'intelligence, une attention spéciale devrait lui être portée. Ce point est d'ailleurs repris et approfondi dans le chapitre 6.

Le modèle de Verganti

Verganti utilise le modèle présenté à la figure 3.9 suivante pour montrer les interdépendances réciproques existant entre les différentes phases du cycle de vie du produit. Mis à part le processus de consommation des produits, toutes les composantes du modèle de Verganti ainsi que les boucles de rétroaction se retrouvent essentiellement dans le MSDP.

Verganti reconnaît que le succès de l'innovation de produit prend racine dans les phases initiales du DP tout comme de nombreux autres chercheurs [Verganti, 1997]. Son modèle met l'emphase sur le retour d'expérience qu'il considère, en conclusion d'une recherche effectuée sur le terrain et impliquant l'étude de cas approfondie de 19 entreprises, comme la clé de voute

d'une gestion efficace des phases initiales du DP. Ce retour d'expérience, appelé « apprentissage systémique » par Verganti, correspond à la capacité d'une entreprise d'apprendre de l'expérience des projets antécédents et d'incorporer cette expérience dans les équipes d'avant-projet. L'apprentissage systémique mène à la constitution d'une connaissance systémique. Cette connaissance procure aux acteurs, une capacité à détecter tôt dans le processus de DP les éléments de leurs propres décisions pouvant avoir des conséquences significatives sur les phases ultérieures du cycle de vie d'un produit [Verganti, 1997].

« L'apprentissage systémique » s'explique aisément au moyen du MSDP par les rétroactions reliant les divers réservoirs de connaissances et le système de décision. Une nuance importante doit cependant être apportée ici. Le MSDP et le modèle de Verganti, tels qu'ils sont présentés, ne permettent pas de conclure que l'apprentissage systémique soit une clé de voute des phases initiales du DP. Par contre, les modèles permettent de comprendre ce qu'est l'apprentissage systémique et pourquoi il pourrait constituer un rouage essentiel en DP car les relations entre les éléments le constituant (notamment les boucles de feedback) sont explicitées graphiquement.

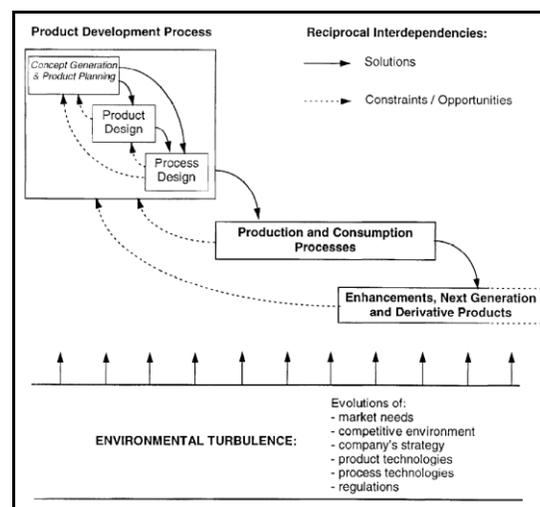


Figure 3.9 Modèle de Verganti du cycle de vie du produit [Verganti, 1997]

Le modèle de Roulet

Selon Roulet et tel que présenté sur la figure 3.10 suivante, quatre processus fondamentaux composent le noyau dur de l'innovation technologique : le *processus de gestion de projet*; le

processus de conception; le processus de collaboration; le processus d'intégration [Roulet, 2006]. Il faut rappeler que l'innovation de produits, qui peut constituer en soi de l'innovation technologique, est intégrée au système de DP tel que mentionné dans le chapitre 2 et fait donc partie intégrante du MSDP. Pour Roulet, l'objectif principal du processus de gestion de projet « [...] est de préparer le projet innovant, d'éviter les dérives techniques et stratégiques liées à la complexité et à l'inconnu, de communiquer le projet [...], mais aussi de prendre des décisions [...] aux moments opportuns » [Roulet, 2006]. Ce processus est assumé par le système de décision du MSDP.

Roulet explique que le processus de conception a comme objectif principal « [...] de regrouper les moyens techniques et méthodologiques mais aussi les compétences techniques nécessaires à la mise en œuvre d'une nouvelle technologie répondant aux besoins de l'entreprise » [Roulet, 2006]. Ce processus se retrouve essentiellement dans les processeurs du MSDP alimentés par les divers réservoirs de connaissances et de ressources humaines.

L'objectif principal du processus de collaboration « [...] est de garantir une bonne interaction entre les différents partenaires, des échanges optimums et la création de connaissances communes, dès les phases amont du projet innovant » [Roulet, 2006]. Ce processus s'observe dans le MSDP quand les niveaux des réservoirs de connaissances s'élèvent, quand l'intensité des flux d'informations s'accroît et enfin, quand la valeur des concepts de produits emmagasinés dans le réservoir de concepts augmente. Au chapitre 6, ce processus sera rendu plus « visible » avec l'approche par simulation.

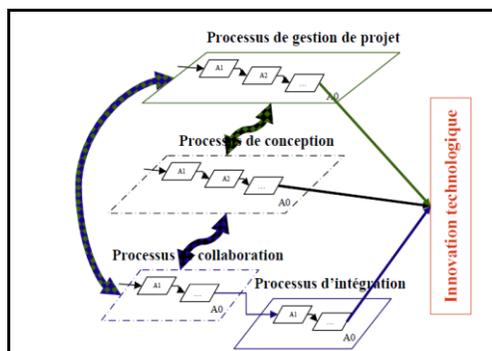


Figure 3.10 Modèle de Roulet du processus d'innovation technologique [Roulet, 2006]

Enfin, le principal objectif du processus d'intégration « [...] est de créer les conditions favorables à l'assimilation de la nouvelle technologie au sein de l'entreprise. La maîtrise des connaissances identifiées garantira l'intégration et la pérennisation de l'innovation technologique » [Roulet, 2006]. En rapprochant ce processus du modèle de Prasad et Nori présenté précédemment, la maîtrise des connaissances aurait donc un lien avec les structures profondes du système de l'intellect. Le processus d'intégration identifié par Roulet ferait donc intervenir le système d'intelligence du MSDP en interaction avec les autres sous-systèmes du MSDP, mais particulièrement avec le système d'information.

La comparaison du MSDP ci-haut présentée avec des modèles de DP et d'innovation de produits (ou d'innovation technologique) n'est certes pas exhaustive. Néanmoins, les 5 modèles utilisés pour évaluer le MSDP ont été eux-mêmes confrontés à d'autres modèles ou théories. Ils ont bénéficié d'une validation par un certain nombre de chercheurs de la communauté scientifique. Ces modèles constituaient donc des bases de comparaison pertinentes pour valider, théoriquement, le MSDP. Il faut cependant admettre que le caractère générique du MSDP tel que construit permet « d'embrasser » plusieurs points de vue. Mais cet aspect de généralité du MSDP concorde pertinemment avec sa finalité décrite dans la section 3.1.1 à l'effet de donner du sens au DC.

3.3.3 Capacité du MSDP à refléter la réalité d'entreprises de DP

Une large part des succès obtenus d'entreprises innovantes, telles Google, 3M, W.L. Gore et Apple, s'explique par leur capacité à développer de nouveaux concepts de grande valeur. Pour y parvenir, ces entreprises ont conçu une organisation flexible (la conception de l'organisation est associée au système d'intelligence du MSDP) procurant une certaine liberté aux créateurs et du temps pour concevoir [Hamel, 2008; Cholle, 2007]. Apple, par exemple, a su garnir son réservoir de concepts novateurs faisant pâmer les consommateurs [Hamel, 2008].

Toutefois, pour une entreprise, innover ses produits n'est pas suffisant. L'exemple de Xerox est éloquent à cet égard. Cette entreprise a développé de formidables concepts technologiques qu'elle n'a pas été en mesure de commercialiser, mais dont IBM, Apple, Microsoft, Novell et Hewlett-Packard ont su exploiter et en tirer de faramineux profits [Miller et Morris, 1999].

Bien que Xerox était techniquement et conceptuellement en avance sur tout compétiteur éventuel, la compagnie n'a pas su revisiter ses processus ni développer une nouvelle forme d'organisation nécessaire à son développement [Miller et Morris, 1999]. Pour Steve Jobs, Xerox aurait été dirigée par des commerciaux qui ne connaissaient rien aux produits, de telle manière que les acteurs du DP ne s'investissaient plus autant et même qu'une grande partie d'entre eux auraient abandonné [Isaacson, 2011]. Le MSDP permet de montrer les liens reliant le système de décision, et plus spécifiquement le sous-système d'intelligence responsable de l'élaboration des modèles d'organisation, au processeur de développement de concepts. Incidemment, le DC est favorisé ou défavorisé selon l'organisation issue du système d'intelligence. En outre, les commerciaux de Xerox n'auraient pas attribué un NDS suffisant au DC, à l'instar des concepteurs. Devant un problème en DP, le MSDP aide à poser les bonnes questions et à identifier les lieux d'intervention éventuels au sein du système.

Les succès du passé ne sont pas garants du futur. Ainsi, une entreprise qui cesse d'innover autant dans ses produits, dans ses processus, que dans sa manière de s'organiser risque une stagnation, une réduction de ses activités ou pire, sa disparition. C'est d'ailleurs à ces éventualités qu'on fait face des fleurons de l'industrie tels Dell, Kodak et DEC, restant accrochés à un modèle économique dépassé ou à une culture trop rigide [Hamel, 2008; Cholle, 2007]. Pour Steve Jobs, « il ne faut jamais cesser d'innover » [Isaacson, 2011]. Le MSDP illustre clairement que les produits novateurs reposent sur des concepts novateurs et que ces derniers ne sont possibles que si les ressources et l'organisation en place sont adéquates et qu'elles accordent un NDS élevé à l'égard du DC.

Par ces quelques exemples, certes limités, le MSDP apparaît théoriquement valide et il semble assez robuste pour montrer l'apport crucial du DC à la performance globale du système de DP. Le MSDP situe le DC au sein du système de DP et incite autant le questionnement que la proposition de réponses, ce qui est perçu comme avantageux. Il est donc considéré apte à une validation effectuée auprès des acteurs du DP. Cela fera l'objet du chapitre 5.

3.4 Étape 4 de la modélisation – Utiliser le modèle

Enfin, la quatrième étape de la modélisation consiste à utiliser le modèle pour en tirer des enseignements ou préparer des décisions [Durant, 2006]. La voie algorithmique ou la voie heuristique peut alors être choisie. La première vise l'amélioration du modèle en le formalisant et en quantifiant certaines relations. Le chapitre 6 empruntera cette voie par laquelle un modèle systémique du développement de concepts (MSDC) est construit et simulé sur ordinateur. La deuxième voie cible la construction de divers scénarios de manière à rechercher des solutions envisageables en regard de la finalité du projet de modélisation [Durant, 2006]. La voie heuristique est utilisée dans la présente recherche d'abord pour valider empiriquement le MSDP et ensuite, afin d'élever le sens accordé au DC par les acteurs du DP en utilisant le MSDP à titre d'artéfact de réification dans une séance favorisant la participation des acteurs du DP et la négociation de sens. Il en sera question au chapitre 5.

3.5 Conclusion du chapitre

Ce chapitre a mené à l'édification d'un modèle systémique du développement de produits (MSDP). Plusieurs composantes du modèle ont été identifiées et validées théoriquement, par l'utilisation de diverses théories issues de la littérature, au fur et à mesure de sa construction. La structure même du modèle repose sur l'utilisation de différentes approches utilisées en conjonction : l'AF combinée au QFD utilisé de manière non conventionnelle, le SG et l'archétype de l'articulation d'un système complexe de 9^e niveau. Le MSDP a par la suite fait l'objet d'une analyse HAZOP de façon originale et de manière à éprouver sa robustesse à expliquer des comportements potentiels du système soumis à des perturbations. Deux versions du MSDP ont été présentées. La deuxième version, plus compliquée par l'intégration de plusieurs nouveaux éléments, a exemplifié la méthode de modélisation par essais successifs. La première version a cependant été jugée suffisante pour remplir le rôle d'artéfact de réification du DC.

Par ailleurs, le modèle a répondu convenablement au test des « dix commandements » de la systémique proposés par le systémicien Joël de Rosnay. Il a de plus été confronté à 5 modèles issus de la littérature en se montrant suffisamment générique pour se substituer à chacun d'eux

et répondre aux préoccupations sous tendues par ces modèles. Enfin, le modèle s'est montré adéquat pour expliquer certaines réalités associées au DC et vécues par des entreprises du DP.

Muni d'un artéfact de réification du DC à savoir le MSDP, détenant désormais une certaine validité théorique, le prochain chapitre sera consacré à la méthodologie de la recherche sur le terrain laquelle indiquera comment le MSDP sera validé empiriquement et comment il sera utilisé comme artéfact de réification du DC dans le but d'élever le NDS accordé au DC par les acteurs du DP.

CHAPITRE 4

MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE SUR LE TERRAIN

Au terme du parcours théorique poursuivi jusqu'ici, après avoir construit, étudié et validé sur le plan théorique le MSDP, il s'agit maintenant de le mettre à l'épreuve dans la pratique des ingénieurs. Un objectif est certes de le valider empiriquement mais aussi et surtout de vérifier si ce MSDP peut effectivement contribuer à élever le niveau de sens que les acteurs du DP accordent au DC en réponse à la question de recherche. C'est le moment de rapprocher la théorie de la pratique: est-ce que les assertions théoriques se produisent sur le terrain? Cela sera évalué par une recherche qualitative faisant référence aux observations et expérimentations dans des contextes réels de développement de produits.

Ce chapitre, traitant des aspects méthodologiques de la portion empirique de la recherche doctorale, se consacre d'abord à la description des contextes industriels du terrain de recherche et de leur pertinence. Il se concentre ensuite sur les méthodologies utilisées, les instruments de constitution des données, les méthodes d'analyse des données constituées et finalement, les considérations éthiques.

4.1 Contextes industriels du terrain de recherche

Les lieux d'observations et d'expérimentations seront d'abord décrits, soit l'Entreprise 1 (E1) et l'Entreprise 2 (E2) et les participants à cette recherche le seront ensuite. Il s'agit d'un échantillonnage qualitatif et multi-sites, recherchant une représentativité théorique et un appui à la validité des résultats [Miles et Huberman, 2003]. Ceci souscrit au principe stipulant qu'une riche description du phénomène est essentielle à la validité d'une étude [Lee, 1999].

4.1.1 Description des entreprises participantes²⁸

L'Entreprise 1

E1 est une grande entreprise internationale du secteur manufacturier²⁹ employant plusieurs milliers de personnes sur de multiples sites dans le monde. Elle fabrique du matériel de transport desservant une clientèle internationale diversifiée selon un processus d'appel d'offre. Elle vise demeurer chef de file dans son créneau industriel. Cependant, E1 n'atteignait pas encore l'objectif de rentabilité fixé par la haute direction. Elle n'innovait pas assez selon ses hauts dirigeants. On dénoterait par ailleurs des problèmes à l'égard de la satisfaction des clients et dans l'exécution des activités d'ingénierie.

E1 a mis en place un chef de la gestion de l'innovation, un poste de haut niveau organisationnel, dont la responsabilité consiste à créer une culture de l'innovation. Un tel gestionnaire constitue d'ailleurs une recommandation de Morris pour faire de l'innovation, une réalité dans l'organisation [Morris, 2006]. L'innovation est mise en exergue dans la vision et les objectifs stratégiques de l'entreprise et elle est dorénavant sous la responsabilité et l'impulsion d'un haut dirigeant qui lui est totalement dédié.

Plusieurs documents internes de E1 confirmeraient certaines difficultés éprouvées par l'ingénierie, et ce, depuis plusieurs années déjà et malgré les efforts consentis par E1, notamment à l'égard de la formation des acteurs du DP et malgré l'embauche d'un chef de l'innovation.

Incidentement, le terrain d'observation et d'expérimentation que représente E1 semblait propice à une mise en œuvre du MSDP dans le but de répondre à la question de recherche. Toutefois, il faut noter que la recherche s'est effectuée dans une usine appartenant à une division de E1. Or, cette usine dont la culture organisationnelle est similaire à E1, semblait présenter également les symptômes de E1 décrits ci-haut.

²⁸ Les informations contenues dans cette section proviennent de documents internes obtenus auprès de E1 et de E2. Elles peuvent être fournies sur demande avec l'approbation des entreprises.

²⁹ Code d'industrie du Gouvernement du Canada : 33651 « Fabrication de matériel ferroviaire roulant ».

L'Entreprise 2

E2 est une PME de génie conseil³⁰ qui existe depuis près de vingt-cinq ans et œuvrant principalement dans un marché régional. Elle est reconnue pour son dynamisme, la compétence de son équipe et la qualité de ses services. Elle dispose des ressources humaines et matérielles pour répondre aux demandes des entreprises en conception de produits mécaniques, produits électroniques, logiciels et de procédés de production.

Pour réaliser les mandats qui lui sont confiées, E2 compte sur une quarantaine de personnes, principalement des ingénieurs et des technologues en génie mécanique, génie électrique, technologie physique et informatique. Puisque la mission de E2 est de rendre les nouvelles technologies accessibles aux entreprises, son personnel est formé à l'utilisation des plus récentes innovations dans ses champs d'expertise. Branchée sur la réalité des entreprises manufacturières, l'équipe de E2 met les priorités des industriels au cœur de ses activités.

E2 comprend différents laboratoires : CAO, acoustique, électronique de puissance, compatibilité électromagnétique, conception électronique, fabrication mécanique, soudage laser. Elle est munie des plus récentes technologies pour ses équipements mécaniques, électroniques et de soudage laser.

E2 constitue une petite entreprise de services en développement de produits relativement jeune. Elle est donc de nature différente de E1 de ce point de vue mais cette distinction est jugée souhaitable pour la richesse de l'étude. Cependant, E2 effectue du développement de produits tout comme E1 et à cet égard, E2 œuvre dans un domaine similaire à E1.

4.1.2 Description des participants

La sélection des participants s'est effectuée avec l'accord des gestionnaires de direction de chacune des entreprises. Tous les acteurs participants ont accepté de participer à la recherche et leur consentement libre et éclairé a été obtenu [Miles et Huberman, 2003]. Le tableau B.1 de l'annexe B, décrit chacun des participants à la recherche.

³⁰ Code d'industrie du Gouvernement du Canada : 54171 « Recherche et développement en sciences physiques, en génie et en sciences de la vie ».

Les participants de E1, au moment de réaliser cette recherche sur le terrain, faisaient partie d'une équipe de DP impliquée dans la conception de produits relatifs à l'aménagement d'un habitacle de véhicule. Ils travaillaient dans le cadre d'un contrat octroyé par une société américaine. Pendant la durée des travaux de recherche sur le terrain, l'équipe de DP s'activait dans la phase de développement de concepts.

Lors de la présente recherche empirique, les participants de E2 faisaient partie d'une équipe de DP dont le mandat consistait à développer des produits liés à la création d'un système intelligent utilisé dans le domaine de la santé. Le projet dans lequel ils s'étaient engagés était subventionné en partie par les instances gouvernementales et par des entreprises privées intéressées par les retombées économiques. Il s'agissait de fait d'un partenariat public-privé. L'intervention dans cette entreprise s'est effectuée dès le tout début du projet, au moment de l'élaboration de la procédure de collecte de données pour la définition des besoins relatifs au développement du système intelligent mentionné précédemment.

En tout, 21 acteurs de DP issus de E1 et E2 ont participé à la recherche. 16 d'entre eux provenaient de E1 (76%) et 5 de E2 (24%). 14 participants détiennent un diplôme universitaire (67%) : 13 en génie (62%) dont 8 en génie mécanique (38%), 3 en génie électrique (14%), 1 en génie des systèmes électromécaniques (5%), 1 en génie informatique (5%), et 1 participant détient un diplôme de technologie supérieure en mécanique (5%). Un participant est stagiaire en génie mécanique et étudie dans une école d'ingénieur en France. On retrouve 4 femmes parmi les participants (20%). Elles sont toutes ingénieures. 5 participants possèdent un diplôme collégiale (24%) et 2 participants possèdent un diplôme d'études secondaires (9%). 9 acteurs sont gestionnaires (43%). 16 acteurs œuvrent dans le domaine mécanique (76%), 3 dans le domaine électrique (14%), 1 dans le domaine informatique (5%) et 1 en assurance qualité (5%).

Les participants de E1 cumulent 338 années d'expérience dont 304 années au sein de E1 comparativement à 50 années et 30 années respectivement pour les participants de E2. La moyenne d'années d'expérience pour un participant de E1 est de 21 ans dont 19 ans au sein de E1 comparativement à 10 ans et 6 ans respectivement pour E2.

En somme, le trois quarts des participants à cette recherche proviennent de E1. Deux tiers des participants sont ingénieurs dont plus de la moitié en génie mécanique. Près de la moitié des participants sont gestionnaires. 20% des participants sont de la classe féminine. En moyenne, les participants cumulent 18 années d'expérience. Cet échantillonnage constituerait donc une représentativité théorique jugée satisfaisante, c.-à-d. un échantillon présentant une diversité représentative de la population des équipes de DC au sens statistique, pour trouver des exemples du construit théorique [Miles et Huberman, 2003] élaboré au début de la thèse dans la quête d'une réponse à la question de recherche.

Fait à noter, les participants « G », « H », « O » et « P » sont qualifiés de participants sporadiques faisant référence au principe qu'ils évoluent en quelque sorte à la périphérie du phénomène. Ils prennent part à certaines activités ou événements et y contribuent, bien qu'ils ne soient pas à proprement parlé membres de l'équipe de DP. Ils proviennent d'autres départements dont les méthodes, l'assurance qualité, la R&D et l'ingénierie de production d'une autre usine. Cette approche permet d'obtenir une perspective plus large, un échantillonnage moins étroit, une décentralisation par rapport au cas à l'étude, dans l'optique d'une meilleure compréhension du phénomène [Miles et Huberman, 2003].

Un point important mérite d'être mentionné en ce qui concerne les inévitables biais. Puisque le doctorant et plusieurs des participants se connaissaient mutuellement, des moyens devaient être pris pour diminuer les effets de biais en découlant. Un biais important à contrôler par exemple, résulte de la manifestation d'une certaine sympathie ou d'une certaine antipathie des participants portée à l'égard du doctorant. Les participants pouvaient ainsi fournir des réponses pour « plaire » au chercheur ou pour le « contredire », au détriment d'obtenir leurs réelles opinions dans une plus grande objectivité. Des moyens ont donc été mis en action pour limiter ce type de biais. Ils seront décrits et expliqués au fur et à mesure dans ce chapitre.

4.2 Méthodologies de recherche sur le terrain

Jusqu'ici, une première grande méthode de progrès scientifique, soit la modélisation [Moles, 1995], a été utilisée suivant l'approche systémique. Elle a permis de construire le MSDP en révélant plusieurs principes importants mentionnés antérieurement. Deux autres grandes

méthodes sont aussi utilisées dans cette recherche à savoir l'observation et l'expérimentation [Moles, 1995]. L'observation est une méthode d'interaction faible voulant réduire au minimum le biais du chercheur sur les acteurs. Par opposition, l'expérimentation constitue une méthode d'interaction forte qui consiste à agir délibérément sur une variable influente pour en vérifier l'effet sur la variable influencée [Moles, 1995]. Le chercheur désire alors confirmer ou infirmer ses observations et ses assertions en « provoquant » les acteurs pour en mesurer l'effet. Le doctorant, adoptant une posture d'observateur participant, s'intègre donc au sein de deux équipes de DP œuvrant pour les deux entreprises décrites précédemment. Tantôt il agissait à titre d'observateur, position dans laquelle il recevait en quelque sorte l'information sans nécessairement la solliciter, tantôt il agissait à titre de participant, situation dans laquelle il intervenait dans le processus de DP. Le doctorant a conduit une recherche qualitative par un contact maintenu sur une période de plusieurs mois avec les acteurs du DP telle que préconisée [Lee, 1999; Miles et Huberman, 2003]. La position du chercheur était connue de tous et ses intentions n'ont pas été cachées. Cette position lui permettait d'être témoin de ce qui se vivait au sein des équipes dans un contexte réel de développement de produits, en temps réel et ce, en minimisant le potentiel d'une mauvaise interprétation [Lee, 1999].

Les observations du chercheur sont utilisées pour identifier les comportements actuels des acteurs du DP vis-à-vis le DC en contextes réels. On désire connaître comment les acteurs conçoivent le DC. On cherche à comprendre de quelle façon ils agissent dans le système de DP, le milieu à l'intérieur duquel ils évoluent. Ces observations contribuent à la mesure du niveau de sens *initial* accordé au DC d'une manière souhaitée la plus objective possible. Elles sont soutenues par les entrevues individuelles initiales semi dirigées, des questionnaires et les observations qui permettent par triangulation³¹ de réduire les biais inhérents à chacune des méthodes de mesure [Lee, 1999]. Parallèlement, une expérimentation est tentée pour témoigner des niveaux de sens *initiaux* accordés au DC par les acteurs. Elle consiste à opérer une activité de génération de concepts et de ce fait, mettre en action les acteurs. Elle s'inscrit

³¹ « [...] la triangulation est un moyen d'obtenir le résultat en recueillant plusieurs *exemples* de ce dernier auprès de différentes *sources* au moyen de différentes *méthodes*, et en le rapprochant d'autres résultats avec lesquels il doit cadrer [...] Essentiellement, la triangulation est censée confirmer un résultat en montrant que les mesures indépendantes qu'on en a faites vont dans le même sens, ou tout au moins ne le contredisent pas » [Miles et Huberman, 2003].

dans le rôle de « participant » du doctorant au sein de l'équipe de DP. En effet, le doctorant, tout en menant sa recherche, coopère avec les équipes de DP dans leurs finalités respectives. Il observe le système de l'intérieur certes, mais il interagit également avec les acteurs.

La mise en œuvre sur le terrain du MSDP, une expérimentation en soi, permet d'abord de valider pratiquement le modèle auprès des acteurs, c.-à-d. de vérifier si les acteurs se reconnaissent dans le modèle, s'il reflète la compréhension qu'ils détiennent du DP, bref si le MSDP tient la route. Subséquemment, le MSDP est utilisé pour tenter d'élever le niveau de sens (NDS) accordé par les acteurs au DC, et ce, dans le but de répondre à la question de recherche. L'*élévation* du NDS, le cas échéant, est mesurée à *court terme* lors de la présentation du MSDP aux acteurs au moyen de l'analyse des transcriptions des entrevues de groupe et des observations et, à *long terme*, par un questionnaire final.

Bref, la procédure de recherche sur le terrain consiste essentiellement à mesurer le NDS que les acteurs du DP accordent au DC, *avant* et *après* une intervention spécifique du doctorant.

4.3 Instruments de constitution des données

Ayant délimité le terrain d'expérimentation par les contextes industriels et la sélection des participants décrits précédemment, un certain nombre d'instruments de constitution des données sont mis en place et utilisés pour collecter l'information de nature qualitative et quantitative [Miles et Huberman, 2003]. Ces données collectées, une fois analysées et organisées, soutiendront la réponse à la question de recherche.

En somme, dans le but de tirer des conclusions valides, le doctorant cherche à exprimer adéquatement le phénomène en chiffres et en nombres « en utilisant un ensemble de mesures fondées sur des règles cohérentes » [Darmon *et al.*, 1991].

4.3.1 Journal chronologique des événements (JCÉ)

Le journal chronologique des événements (JCÉ) a servi à contenir et colliger les notes, les observations et les incidents sur une base journalière. Les réflexions du doctorant tout au long de la recherche sur le terrain ont également été répertoriées.

Les données factuelles recueillies peuvent être employées en triangulation avec les autres méthodes de mesure. Ces observations peuvent être utilisées pour clarifier ou appuyer les conclusions du chercheur. Elles permettent de bien décrire et de saisir le contexte d'expérimentation. Les informations compilées dans le JCE permettent également au chercheur de procéder à une première analyse de données pour ainsi orienter ses prochaines interventions.

4.3.2 Observations participantes

Les observations participantes se sont effectuées par le doctorant sur une base régulière mais de façon intermittente. En premier lieu, elles concernent les interactions survenues lors des rencontres d'ouverture dans lesquelles le projet de recherche était présenté sommairement aux participants potentiels, et les discussions avec les participants dans les interactions de tous les jours pendant la période de recherche sur le terrain. Ces discussions visent à partager plus intensément les activités accomplies par les participants de façon à mieux comprendre leur vision du DP et à situer leurs explications verbales dans leur environnement. La qualité des interactions entre les participants et le doctorant influent sur le niveau de confiance nécessaire à établir entre les parties. Un niveau de confiance élevé favoriserait des échanges plus substantiels et mènerait vers une compréhension plus profonde du phénomène [Lee, 1999].

En deuxième lieu, le doctorant, occupant sa position d'observateur participant dans E1, a mené une activité de génération de concepts, à titre d'animateur de l'activité. Cela consistait à aider l'équipe de DP à trouver un bon concept (c.-à-d. un concept satisfaisant les requis du client et de la production dans le respect du budget) pour un produit qui semblait anodin au premier abord mais qui posait problème de façon récurrente contrats après contrats.

Les observations participantes ont été répertoriées dans le JCE décrit précédemment. Elles témoignent d'un vécu des équipes de DP pendant la recherche du doctorant sur le terrain.

4.3.3 Entrevues individuelles initiales semi dirigées

Des entrevues individuelles initiales semi dirigées ont été conduites avec chacun des participants dans les débuts de leur collaboration à la présente recherche. Ces entrevues ont

d'abord permis d'expliquer aux participants les tenants et aboutissants de la recherche en vue ainsi d'obtenir leur consentement libre et éclairé.

Ces rencontres favorisaient de plus un contact privilégié avec chacun des participants afin d'instaurer un climat de confiance. Elles permettaient aussi de mieux connaître le parcours académique et professionnel des participants, de mieux les caractériser et de confirmer la représentativité de l'échantillonnage. Ces rencontres en face-à-face permettraient d'obtenir des feed-back plus justes de la part de l'interviewé en comparaison à d'autres moyens de procéder, tels les questionnaires passés par téléphone [Weinschenk, 2011]. Mais l'objectif ultime recherché par ces entrevues demeurerait la détermination de certains traits propres à chacun des participants à savoir s'ils pouvaient être prédisposés aux activités relatives au DC. Cela contribuerait à déterminer le NDS que les participants accordent au DC. Ainsi un questionnaire développé par Vandebosh, Saatcioglu et Fay semblait pertinent en cette matière d'autant plus qu'il aurait acquis une certaine validité [Vandebosh *et al.*, 2006]. En fait, il semble selon les résultats de ces chercheurs, que de créer un environnement propice à la génération des idées pourrait s'avérer moins fructueux que d'employer des individus correspondant à certains archétypes créatifs définis par les chercheurs. Ces résultats apparaissaient cohérents avec la notion du NDS proposé par le doctorant, liant d'abord la performance en DC à une prise de conscience des individus. Par une vision systémique et suivant trois approches philosophiques modernes, les chercheurs voulaient caractériser les gestionnaires selon leur façon de gérer les idées. Ils ont donc créé huit questions servant à l'interrogation des acteurs. Les catégories de réponses données à chacune de ces questions ont été codifiées et selon les résultats obtenus, un archétype est attribué à l'individu. Pour les besoins de la présente recherche, les questions et le schème de codification ont été traduits en français et sont présentés dans l'annexe C.

Cinq archétypes sont définis par les chercheurs³² [Vandebosh *et al.*, 2006] :

1. les « **incrémentalistes** » fonctionnant par petits pas, leurs idées sont habituellement des changements modestes;

³² Une description plus élaborée de chacun de ces archétypes est fournie à l'annexe C.

2. les « **bâisseurs de consensus** » se concentrant sur l'accord des intervenants plutôt que sur les idées intrinsèquement;
3. les « **chercheurs** » combinant les informations de diverses sources, leurs idées résultent d'associations inhabituelles;
4. les « **débateurs** » argumentant avec eux-mêmes pour développer des idées;
5. les « **évaluateurs** » semblant être infiniment objectifs et flexibles.

Les chercheurs mentionnent cependant que, dû à la petitesse de l'échantillon de gestionnaires utilisé pour déterminer ces archétypes, le nombre d'archétypes ne se limiterait pas nécessairement à la liste précédente. Par contre, leurs données démontreraient qu'il existe effectivement différents archétypes [Vandenbosh *et al.*, 2006].

La passation des questions s'est effectuée lors de l'entrevue individuelle avec chaque participant et a fait l'objet d'un enregistrement qui était par la suite retranscrit intégralement pour une analyse ultérieure.

Le doctorant a usé de divers moyens pour obtenir des résultats d'entretien d'un niveau de qualité satisfaisant. Étant plus vulnérable à céder aux pièges d'établir une relation de type amical (on se rappelle que le doctorant connaît personnellement de nombreux participants) et de type pédagogique (le doctorant connaît le domaine d'expertises de plusieurs participants), le doctorant a interrogé les participants avec « ce qu'il est plutôt qu'avec ce qu'il sait » [Boutin, 2008]. Ainsi, les questions étaient lues par le doctorant et l'interviewé pouvait utiliser tout le temps qu'il jugeait nécessaire pour y répondre à sa convenance et sans que le doctorant l'interrompe si ce n'était que pour aider à clarifier la pensée des participants. Quand le doctorant sentait le participant embêté avec la signification d'une question, il se permettait à ce moment de donner un exemple faisant comprendre le sens. Quand les interviewés avaient un blanc de mémoire les mettant dans un inconfort perceptible, le doctorant suggérait de sauter la question pour y revenir par la suite. Ainsi, à plusieurs reprises, les participants retrouvaient le souvenir d'événements du passé tout à fait pertinents.

4.3.4 Entrevues de groupe

Les entrevues de groupe consistaient à rassembler quatre ou cinq participants, pendant une période d'une heure environ, dans une démarche d'installation de sens et d'apprentissage animée par le doctorant. Le MSDP était d'abord présenté par le doctorant, avec le support d'une présentation *Powerpoint*, afin de le rendre intelligible aux yeux des participants. Puis, une discussion ouverte et constructive à l'égard de la performance en DP était suscitée. Le doctorant visait d'une part, faire valider son modèle par les participants eux-mêmes mais surtout d'autre part, augmenter le NDS que ces participants accordaient au DC avec l'appui du modèle en réponse à la question de recherche.

Les réactions des participants pendant l'entrevue étaient notées à froid dans le JCE, mais le dernier quinze minutes de la séance, faisant l'objet d'enregistrement, se consacrait à récapituler avec les participants, les discussions qui avaient eu lieu. L'enregistrement était ensuite retranscrit pour une analyse ultérieure.

Le MSDP « macro » de la figure 3.3 ainsi que les versions du MSDP des figures 3.4 et 3.5 ont été présentés de manière à montrer un certain niveau possible de sophistication du modèle c.-à-d. la possibilité de le faire évoluer. Ces modèles détiennent tous la même structure de base et ils se distinguent principalement par leur niveau de granularité. Toutefois, une version simplifiée du modèle, reprenant les éléments essentiels du modèle de la figure 3.4, montrée à la section D.1 de l'annexe D, a été utilisée comme base de discussion lors de ces séances. La version développée de la figure 3.4 constituait en effet un modèle quelque peu compliqué pour être explicité dans un délai raisonnable. Ce qui apparaissait essentiel pour élever le NDS accordé au DC était la place qu'occupent les différents processeurs du modèle formant le système opérant, ainsi que les systèmes de décision et d'information. Or, le modèle simplifié parvenait à atteindre cet objectif.

Les entrevues de groupe sont en soi des expérimentations. Comme mentionnées précédemment, elles sont fortement interactives, c.-à-d. que le doctorant exerce volontairement un « biais calculé » sur l'importance du DC au sein du DP. Ce qui devient déterminant, c'est de recueillir les réactions des participants de manière à établir s'ils

approuvent ou désapprouvent l’assertion du doctorant [Lee, 1999]. Si un participant appuie l’assertion et selon la manière qu’il le fait, cela pourrait signifier une élévation du NDS à *court terme* de ce participant. Pour s’en assurer, une analyse ultérieure des transcriptions est nécessaire. Plus de détails à cet effet seront fournis dans la section 5.2.6.

4.3.5 Questionnaires

Trois questionnaires ont été développés et utilisés dans le cadre de cette recherche. Chaque participant a été appelé à y répondre et les résultats ont contribué à évaluer le NDS qu’ils accordent au DC. Voici donc la description de chacun de ces questionnaires.

Questionnaire Q1

Ce questionnaire porte expressément sur le développement de concepts. Son but est de mesurer notamment, pour chacun des participants :

- s’ils apprécient le DC comme activité;
- s’ils y accordent de l’importance;
- s’ils pensent qu’on devrait y accorder plus d’importance;
- s’ils pensent qu’on devrait y accorder plus d’effort;
- s’ils croient que la performance actuelle en DC pourrait être améliorée;
- s’ils croient que l’analyse fonctionnelle est utile au DC³³;
- s’ils sont d’accord ou non avec certaines assertions du doctorant.

La mise au point de ce questionnaire est basée sur des étapes généralement utilisées dans les enquêtes [Dussaix, 2009]. D’abord, l’élaboration des questions découle des théories explorées dans le chapitre 2 qui ont contribué à la définition et à la formulation du problème. Ensuite, la formulation de chacune des questions a fait l’objet d’une vérification selon quelques règles simples mais essentielles [Dussaix, 2009]. Incidemment, les questions :

³³ Pour Suh, les besoins du client doivent être traduits en requis fonctionnels lesquels définissent le produit sans référence à aucune solution physique. Ce professeur en génie mécanique du MIT, mentionne qu’à sa grande surprise, une grande quantité d’ingénieurs et de gestionnaires débuteraient le processus de conception sans avoir d’abord déterminé les requis fonctionnels. Il s’agirait d’une erreur courante chez les concepteurs [Suh, 2001]. L’analyse fonctionnelle (ou la détermination des fonctions) serait donc un élément stimulant le DC et comme tel, si elle est reconnue comme utile par un acteur, cela constituerait une indication favorable à la compréhension du DC et donc un indice sur le NDS que cet acteur pourrait accorder au DC.

- contiennent un vocabulaire technique connu de tous;
- contiennent des mots dont la signification est précise;
- ne contiennent pas de double négation;
- ne contiennent qu'une idée à la fois;
- peuvent être répondues par tous les répondants;
- permettent d'obtenir des réponses sincères.

Néanmoins, un pilotage du questionnaire a été effectué auprès de participants. Le Questionnaire Q1 tel que les répondants le recevait ainsi que les explications relatives à ce pilotage se retrouvent à l'annexe E.

Le questionnaire Q1 contient 17 questions présentées sous la forme d'affirmation. Pour chacune d'elle, le participant a six choix de réponse : « Je ne sais pas », « Fortement en désaccords », « En désaccord », « Neutre », « En accord » et « Fortement en accord » selon une échelle de Lickert [Darmon *et al.*, 1991]. Le participant peut aussi, à sa guise, ajouter un commentaire à chacune des questions ou même ajouter un commentaire d'ordre général à la fin du questionnaire. Cette façon de faire semblait efficace pour réduire le biais en donnant des portes de sortie honorables aux participants, en évitant de les contraindre à répondre inconfortablement [Darmon *et al.*, 1991]. Plusieurs participants s'en sont d'ailleurs prévalus. Les commentaires des participants ont indéniablement bonifié la recherche.

Questionnaire Q2

Il s'agit d'un questionnaire de comparaison par paires des activités de DP. Son efficacité est liée aux faits que « l'esprit reconnaît plus facilement la similitude et la proximité conceptuelle qu'il ne reconnaît les entités elles-mêmes » et de la « prééminence de l'ordinal sur le cardinal » [Moles, 1995]. Le but de ce questionnaire est de vérifier dans quel ordre d'importance les acteurs du DP classent-ils les principales activités du DP et plus spécifiquement, où placent-ils le DC dans ce classement. Ces activités sont prélevées du MSDP en cohérence avec le précepte de pertinence de la méthode systémique.

Ce type de questionnaire consiste à comparer toutes les activités entre elles mais une paire d'activités à la fois, ce qui est plus aisée pour l'esprit humain [Moles, 1995]. Ainsi, l'activité la plus importante par rapport à son effet sur la performance du DP pour chaque paire se voit attribuer un poids de 1, 2 ou 3 selon qu'elle est jugée plus importante à un degré faible, moyen ou fort respectivement. Au terme des comparaisons, les activités sont hiérarchisées en vertu du poids total qui leur a été attribué. Cette méthode permet de vérifier la cohérence des réponses par le contrôle de la transitivité selon une échelle ordinale (par exemple, si A est plus important que B et que B est plus important que C, alors A est plus important que C) [Darmon *et al.*, 1991].

Le Questionnaire Q2 tel que les répondants le recevait est présenté à l'annexe E. En référence à ce questionnaire, la liste d'activités émanant du MSDP apparait en haut à gauche dans un ordre quelconque, ceci dans le but de réduire le biais causé par la séquence « normale » de réalisation des activités de DP. Au bas de cette liste, deux activités peuvent être ajoutées au besoin par les répondants s'ils le jugent nécessaire. Ceci permet de donner une certaine liberté aux participants se sentant « coincés » ou en désaccord avec les activités présentées.

Dans chacune des cases identifiées à cet effet de la figure E.2 de l'annexe E, le participant détermine quelle activité selon lui est la plus importante entre celle identifiée par une lettre dans le haut de la colonne correspondante et celle identifiée par une lettre à l'extrême gauche de la ligne correspondante. Il inscrit la lettre identifiant l'activité jugée la plus importante dans la case pertinente. Il détermine ensuite quel est le degré de cette différence en ajoutant à la suite de la lettre un « 1 » pour un degré faible, un « 2 » pour un degré moyen et un « 3 » pour un degré élevé. Par exemple, si A est jugé plus important que B à un degré moyen, on inscrit « A2 » dans la case « Ligne A, Colonne B ». Autre exemple, si J est plus important que F à un degré élevé, on inscrit « J3 » dans la case « Ligne F, Colonne J ».

Le questionnaire Q2 a également subit l'épreuve du pilotage. Les détails sont fournis à l'annexe E.

Un point important doit être mentionné ici. Les questionnaires Q1 et Q2 ont fait l'objet d'un envoi combiné c.-à-d. que chaque participant recevait les deux questionnaires en même temps. Ils avaient la liberté de répondre en commençant par l'un ou l'autre des questionnaires. Est-ce que le fait de débiter par un questionnaire plutôt que l'autre a un effet sur les réponses des participants? C'est une possibilité. Par exemple, le questionnaire Q1 mettant l'emphase sur le DC, peut biaiser le participant sur l'importance du DC dans ses réponses au questionnaire Q2. L'inverse est aussi possible. Un moyen a donc été employé dans le questionnaire Q2 pour réduire ce biais. En effet, le calcul des poids finaux pour chaque activité n'est pas effectué automatiquement par le formulaire de façon à réduire la probabilité qu'un répondant change ses réponses en constatant le classement final, en donnant prépondérance à son intuition ou au biais potentiel causé par le formulaire Q1 (ou vice-versa). Évidemment, un participant peut faire ce calcul manuellement mais compte tenu de « l'effort » nécessaire pour le faire et selon le principe de la « paresse de l'esprit » [Kahneman, 2011] ou du « luxe de l'esprit » [Moles, 1995], le risque est ainsi minimisé. Selon Ariely, « penser » peut être difficile et parfois non plaisant [Ariely, 2009].

Questionnaire final

Il faut mentionner qu'à l'origine, des entrevues finales étaient prévues avec les participants. Or, comme il en sera mentionné dans une section relative aux aléas du terrain, ces entrevues devenaient difficiles à réaliser vu la logistique qu'elles impliquaient et les contraintes de temps imposées au doctorant et aux participants. Ces entrevues ont donc été remplacées par un questionnaire final envoyé par courriel aux participants. Il était pressenti qu'une entrevue finale avec les participants aurait fourni des réponses plus riches en informations que les réponses obtenues par l'entremise d'un questionnaire. Toutefois, le compromis choisi permettait d'acquiescer à tout le moins un feedback jugé adéquat afin de vérifier l'effet à long terme d'une séance d'élévation de sens sur les acteurs du DP et d'apporter des nuances à la réponse à la question de recherche.

Le questionnaire final permettait donc de mesurer à plus long terme si le NDS accordé au DC par les participants avait changé à la suite de l'intervention du doctorant, en réponse à sa

question de recherche. Il permettait également de confirmer ou infirmer certaines assertions du doctorant.

Le questionnaire final est présenté à l'annexe E. Fait à noter, chacune des questions consiste à détecter une élévation du NDS des participants mais selon des perspectives différentes. Pour y parvenir, la première question (QF#1) utilise le souvenir de la recherche effectuée par le doctorant avec les participants (mesure de l'intérêt). La deuxième question (QF#2) repose sur l'influence de la recherche sur le participant (mesure de la mobilisation). La troisième question (QF#3) s'intéresse aux actions portées par les participants (mesure de la mobilisation et de l'engagement). La quatrième question (QF#4) vérifie la position hiérarchique donnée au DC (mesure de l'importance). Finalement, la cinquième question (QF#5) mesure un degré de compréhension.

À la fin du questionnaire, un espace de commentaires est laissé à la discrétion des participants pouvant ressentir le besoin d'ajouter un point important à tout égard, non couvert par les questions précédentes.

4.3.6 Processus de collecte de données et de mise en œuvre du MSDP

La collecte de données s'est effectuée tout au long de la recherche sur le terrain. Elle permettrait ultimement d'évaluer le NDS accordé au DC par les participants *avant* et *après* l'entrevue de groupe (EG) au moyen des divers instruments de constitution des données expliqués précédemment, et ce, dans le but de répondre à la question de recherche.

Le processus présenté à la figure 4.1 suivante constitue un schéma simplifié du processus de collecte de données sous une forme voulant montrer une certaine séquence des activités de recherche et de la mise en œuvre du MSDP dans une perspective méthodologique. Sur cette figure, on identifie diverses catégories d'événements : les réunions d'ouverture (RO); les revues de conception (RC); les réunions d'équipe (RÉ); les discussions avec les acteurs participants (DA); l'activité de génération de concepts (GC) et les entrevues de groupe (EG). Elles ont toutes été documentées par des observations inscrites dans le JCE. Les entrevues individuelles (EI) et les questionnaires Q1 et Q2 ont été complétés par les participants avant

les entrevues de groupe (EG). De la même façon, l'activité de génération de concepts (GC) s'est tenue avant les entrevues de groupe (EG). Ces entrevues constituaient de fait le lieu de mise en œuvre du MSDP, c.-à-d. le moment d'expérimenter la méthodologie d'élévation du NDS accordé au DC par les participants, en réponse à la question de recherche. Quant à l'activité de GC, elle s'est présentée comme une opportunité d'expérimentation non prévue à l'avance. Elle s'est cependant avérée signifiante pour la recherche tout en permettant d'aider l'équipe de DP de E1 à satisfaire son client.

Le NDS initiale ou NDS_i (c.-à-d. le NDS mesuré juste *avant* EG) est donc évalué à partir des réponses aux questions relatives à EI, Q1 et Q2 et aux observations relatives aux RO, RC, RÉ, GC et DA contenues dans le JCE. Un élément de forme trapézoïdale identifie le moment de ce calcul dans le processus sur la figure 4.1. Tout juste après les entrevues de groupe EG, le $NDS_{a,CT}$ (c.-à-d. le NDS mesuré *après* et à *court terme* avec les données collectées pendant l'entrevue de groupe) est évalué au moyen des transcriptions de EG et des observations notés dans le JCE.

Finalement, après un laps de temps d'environ 12 mois, le $NDS_{a,LT}$ (c.-à-d. le NDS mesuré *après* et à *long terme*) est évalué au moyen des réponses au questionnaire final (QF).

Le processus présenté à la figure 4.1 a été appliqué dans E1 et E2. Toutefois, aucune revue de conception (RC) ni d'activité de génération de concepts (GC) ne s'est réalisée dans E2 au moment de l'intervention du doctorant dans cette entreprise. Au chapitre suivant, dédié aux résultats du terrain, la perspective temporelle de la collecte de données sera présentée à la figure 5.1.

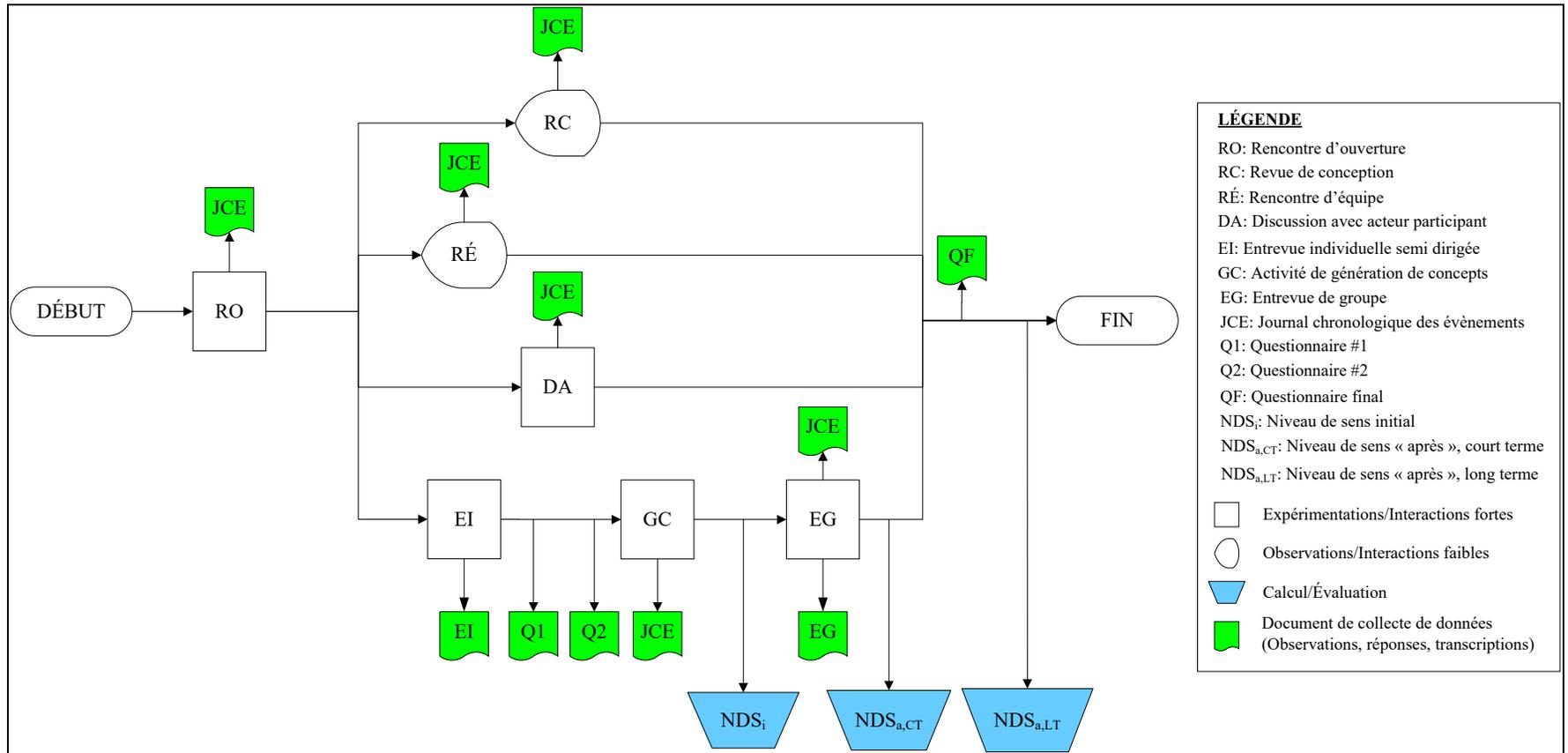


Figure 4.1 Processus de collecte de données et de mise en œuvre du MSDP

4.4 Analyse des données constituées

4.4.1 L'échelle de mesure du niveau de sens (NDS) accordé au DC

La question de recherche sous-entend qu'il est possible de mesurer un NDS et donc de définir une échelle de mesure du niveau de sens. Effectivement, certains chercheurs ont développé une telle échelle en plusieurs niveaux qui leur permettait de diagnostiquer des entreprises à l'égard de la création et de la perte de sens [Autissier et Wacheux; 2007; Autissier et Bensebaa, 2006]. D'autres chercheurs ont également développé diverses échelles de mesure leur permettant d'évaluer différents aspects selon une approche par niveaux. Par exemple, Senge a défini des attitudes possibles à l'égard d'une vision en produisant une échelle à 7 paliers partant d'un état « apathique » jusqu'à un état « d'engagement » [Senge, 2006]. Joiner et Josephs ont conçu une échelle en 5 niveaux pour évaluer la capacité à maîtriser le « leadership agile » [Joiner et Josephs, 2007]. Hawkins a bâti une échelle contenant 17 niveaux de conscience permettant notamment d'apprécier le potentiel d'un individu à trouver des solutions aux grands problèmes de l'humanité [Hawkins, 2012]. Enfin, Collins a utilisé une échelle en 5 niveaux afin d'identifier les meilleurs leaders en gestion d'entreprise [Collins, 2001]. Or, toutes ces échelles de mesure ont un trait commun : plus le niveau atteint par un individu est élevé, plus il serait performant dans la capacité mesurée. Ainsi, plus le NDS accordé au DC par un individu est élevé, plus cet individu prendrait conscience de la valeur du DC et plus il serait enclin à s'y investir et à y performer.

La définition d'une échelle de NDS accordé au DC fera l'objet d'une section dans le prochain chapitre. Elle constitue une contribution originale de la présente recherche.

4.4.2 Évaluation du NDS selon chaque instrument de constitution des données

Chaque instrument de constitution des données (EI, Q1, Q2, JCÉ-RO-RC-RÉ-DA-GC, EG, JCÉ-EG, QF#1, QF#2, QF#3, QF#4, QF#5) permettra d'évaluer le NDS des participants par l'utilisation de différentes grilles d'évaluation basées sur la définition des NDS. Ces grilles, qui représentent un résultat de la recherche, sont présentées dans le chapitre suivant.

4.4.3 Évaluation des NDS_i , $NDS_{a,CT}$ et $NDS_{a,LT}$

Une évaluation qualitative plaçant graphiquement en comparaison les valeurs des NDS_i , $NDS_{a,CT}$ et $NDS_{a,LT}$ sera d'abord effectuée avec les données brutes afin d'observer les grandes tendances qui seront confirmées par une analyse subséquente reposant sur une approche statistique. Pour l'évaluation basée sur l'analyse statistique des NDS_i , $NDS_{a,CT}$ et $NDS_{a,LT}$, tous les instruments de constitution des données sont mis à contribution en appliquant le principe de triangulation [Miles et Huberman, 2003; Lee, 1999]. Avec cette tactique, les NDS évalués séparément par chaque instrument, valeurs pouvant être qualifiées de résultats intermédiaires, sont comparés les uns aux autres. Ces résultats intermédiaires sont ainsi corroborés afin de fiabiliser le résultat global [Miles et Huberman, 2003; Lee, 1999]. Ils sont par la suite soumis à une tactique de pondération des données [Miles et Huberman, 2003], ou d'un *trade off* propre au traitement des phénomènes vagues [Moles, 1995], qui consiste essentiellement à calculer une valeur moyenne.

Les NDS_i sont ainsi évalués pour chaque participant en utilisant une moyenne des NDS calculés par les instruments de mesure EI, Q1, Q2, JCE-RO-RC-RÉ-DA-GC. Les $NDS_{a,CT}$ sont évalués pour chaque participant en utilisant une moyenne des NDS calculés par les instruments de mesure EG et JCE-EG. Enfin, les $NDS_{a,LT}$ sont évalués pour chaque participant en utilisant une moyenne des NDS calculés au moyen des instruments de mesure QF#1, QF#2, QF#3, QF#4, et QF#5.

4.4.4 Conditions témoignant d'une élévation du NDS d'un participant

Il y aura élévation de sens accordé au DC à court terme pour un participant si, pour ce participant, $NDS_{a,CT} > NDS_i$, de même qu'à long terme si $NDS_{a,LT} > NDS_i$. Les NDS seront cependant assimilés à des variables aléatoires afin de prendre en considération les incertitudes. Cet aspect sera expliqué en détails au chapitre 5. Comme mentionné dans la section précédente, une approche statistique sera ainsi mise à contribution.

4.5 Considérations éthiques

4.5.1 Le choix du groupe de personnes participantes

L'innovation en développement de produits est étroitement liée aux aspects humains et notamment à l'intelligence des individus et à leurs interactions [Landry, 2001; Morris, 2006]. Incidemment, pour comprendre le système d'innovation technologique et de développement de produits, le chercheur devrait observer et interagir avec des êtres humains, les acteurs du phénomène.

Le doctorant a donc adopté la position d'observateur participant en interaction avec les acteurs des équipes de développement de produits dans les entreprises E1 et E2. Ces entreprises montraient pour le reste un intérêt aux présents travaux de recherche.

4.5.2 Retombées scientifiques et sociales attendues

Les acteurs du DP ayant participé à la recherche, auront été sensibilisés à l'importance du DC et au degré de difficulté qu'il peut représenter. Comme le DC constituerait un point d'amplification du système de DP, cela impliquerait qu'une meilleure performance en DC se reflèterait positivement sur la performance globale du DP. Or, le NDS accordé par les acteurs au DC constituerait une condition fondamentale permettant d'augmenter la performance en DC. Si le MSDP émanant de la présente recherche permet effectivement d'élever le NDS accordé au DC, il est envisageable de le transposer dans d'autres entreprises de différents domaines, comme moyen de stimulation de la performance en DP et, de façon tributaire, de l'économie canadienne.

4.5.3 Équilibre entre les risques et les bénéfices

Il n'y avait aucun risque supérieur à ceux expérimentés quotidiennement par les participants puisque l'expérimentation se faisait dans le cadre du travail normal d'équipes de développement de produits et que tous les participants, incluant le doctorant, étaient assujettis au code d'éthique des entreprises. En fait, les questions les plus sensibles auxquelles les participants pouvaient être appelés à répondre n'étaient pas plus sensibles que celles posées

dans le cadre d'un programme de gestion de la performance propre aux entreprises E1 et E2. Ces questions étaient abordées individuellement, pour préserver la confidentialité.

Le risque d'un bris de confidentialité a été réduit au minimum, de sorte que les supérieurs ou toute autre personne en situation d'autorité par rapport aux participants n'avaient accès à aucune information pouvant porter préjudice aux participants. Il était assuré de garder l'anonymat de tous les participants dans toutes publications ou présentations par l'utilisation d'une codification alfa numérique des participants.

De surcroît, les participants ont tous été informés de leur droit de refus à transmettre des informations jugées compromettantes lors de la présentation des tenants et aboutissants de la recherche.

Les participants de E1 ont pris part à cette recherche d'avril à novembre 2009 et ceux de E2, de février à juin 2010. La participation au projet s'est effectuée pendant les heures normales de travail. Le temps de participation dédié spécifiquement à la recherche n'a pas excédé 3 heures par participant : 1 heure pour l'entrevue individuelle semi dirigée; 1 heure pour l'entrevue de groupe; 1 heure pour les réponses à 3 questionnaires (20 min chacun).

Le doctorant, agissant à titre d'observateur participant au sein de l'équipe de façon intensive, a eu des contacts réguliers avec les participants au même titre que n'importe quel membre de l'équipe de développement de produits. Il était le plus souvent dans une position de « donneur » (participant) et d'observateur plutôt que dans une position de « demandeur » vis-à-vis les participants. Il a colligé les notes, les observations et les incidents sur une base journalière dans un journal chronologique des événements.

Voici quelques bienfaits pouvant être retirés par les participants :

- participation à l'avancement des connaissances scientifiques;
- développement des connaissances des outils méthodologiques de conception de produits;
- conception de produits de meilleure qualité et à moindre coût;
- développement des compétences en gestion de l'innovation;
- développement des qualités humaines (relations interpersonnelles);

- développement de la capacité à affronter l'incertitude (approche systémique);
- contribution à l'amélioration du climat de travail favorisant l'innovation.

Aucune compensation, monétaire ou autre, n'a été remise pour le temps, les déplacements, etc. occasionnés par la participation au projet.

4.5.4 Consentement libre et éclairé

Les employés, faisant partie de l'équipe de développement de produits, ont été sélectionnés selon les compétences nécessaires et la disponibilité des ressources par les dirigeants de E1 et E2. Le doctorant n'a eu qu'un droit de regard limité pour le choix de ces employés. Cependant, ils devenaient tous des participants potentiels à la présente recherche et le doctorant s'est assuré de leur consentement avant d'officialiser leur participation.

Le doctorant a exposé brièvement, lors de la rencontre d'ouverture le cas échéant, le projet de recherche. Les rôles, les responsabilités, les risques et les bénéfices ont clairement été exposés. Les participants ont été invités à poser des questions. Aucune information ne leur a été cachée. Le doctorant a rencontré ensuite individuellement chaque participant durant les heures normales de travail. Le formulaire « Lettre d'information et formulaire de consentement » leur a été présenté. Leur consentement à participer à cette recherche a été demandé. Avec leur acceptation, leur participation à cette recherche a été officialisée par la signature en deux copies du formulaire de consentement dont un exemple est fourni à l'annexe F.

4.5.5 Confidentialité des données

Les données recueillies tout au long du projet (données brutes issues du journal chronologique des événements, des enregistrements audio des entrevues individuelles, et des récapitulatifs d'entrevues de groupe) ont toutes été considérées comme confidentielles. Elles ne seront diffusées en aucun cas et sont conservées en lieu sûr. Dans l'analyse des données, elles ont été rendues anonymes par l'emploi de codes alfa numériques.

Pour les entrevues de groupe spécifiquement, les renseignements pouvant mener à l'identification des personnes participantes ont été éliminés lors de la transcription de

l'entrevue de groupe. L'enregistrement de l'entrevue de groupe qui ne sera jamais diffusé, n'a servi seulement qu'aux fins de la transcription et de l'analyse.

Les participants ont été invités à respecter la confidentialité des renseignements partagés lors de l'entrevue de groupe (voir le formulaire de consentement dans l'annexe F).

Les données brutes sont conservées en lieu sûr (filière de projet verrouillée) dans le bureau du doctorant et ne sont accessibles que par celui-ci. Les données numériques seront conservées sur l'ordinateur du doctorant (dont l'accès est protégé par un mot de passe) dans un répertoire banalisé et une copie de sécurité a été faite sur un serveur des entreprises 1 et 2 (dont l'accès est sécurisé par un mot de passe). D'autres supports ont été créés (CD par exemple), ceux-ci sont aussi conservés en lieu sûr. Hormis le doctorant, personne n'a accès aux données brutes.

Les données brutes seront détruites cinq ans après le dépôt de la thèse pour les données non anonymisées. Toutefois, les données anonymisées et traitées pourraient être conservées sur une plus grande période. Aucune utilisation secondaire des données n'est prévue. Les moyens de diffusion des données secondaires (après leur anonymisation) envisagés sont la publication de la thèse de doctorat, des publications dans des revues scientifiques et des communications à des conférences, et ce, sans risque de permettre l'identification des personnes ayant participé à la recherche.

4.6 Conclusion du chapitre

Ce chapitre a permis d'expliquer les méthodologies générales utilisées pour la recherche effectuée sur le terrain. Ce terrain de recherche impliquait deux entreprises évoluant en DP, en contextes industriels différents cependant. Puis, les entreprises et les participants à la recherche ont été décrits et justifiés dans leur choix.

La description complète des instruments de constitution des données a fait l'objet d'une section. Celle-ci a été suivie par un portrait du processus de collecte de données.

La section dédiée à l'analyse des données a montré essentiellement comment le NDS pouvait être évalué en utilisant les différents instruments de mesure mis en place selon une approche par triangulation de résultats.

Enfin, les considérations éthiques ont mis en évidence le soin apporté pour protéger l'anonymat et la confidentialité des données fournies par les participants afin que ceux-ci ne subissent aucun préjudice, mais qu'ils en retirent plutôt des bénéfices.

Le prochain chapitre se centrera sur les résultats issus de la recherche effectuée sur le terrain.

CHAPITRE 5

OBSERVATIONS ET EXPÉRIMENTATIONS SUR LE TERRAIN

Tel qu'argumenté de façon théorique dans les chapitres antérieurs, il est plausible que l'artéfact de réification, prenant la forme d'un modèle systémique de développement de produits (MSDP) utilisé dans une séance de création de sens faisant participer les acteurs du développement de produits (DP), conduisent à une élévation du niveau de sens (NDS) que les acteurs accordent au développement de concepts (DC). Mais qu'en est-il vraiment sur le terrain des praticiens du DP? Est-il possible d'agir tangiblement sur le NDS que ces acteurs accordent au DC? Est-ce que l'approche imaginée pour y parvenir est effective? D'autre part, est-ce que le MSDP reflète adéquatement la réalité vécue par les acteurs du DP de manière telle que ces acteurs s'y reconnaîtraient et en retireraient des apprentissages? La recherche empirique effectuée au sein de deux firmes œuvrant en DP apportera des éléments de réponses à ces questions.

Ce chapitre consacre une première section au déroulement de la recherche sur le terrain. La section suivante porte spécifiquement sur l'expérimentation associée au NDS accordé au DC par les acteurs du DP. La section subséquente concerne la validation empirique du MSDP, suivi de la présentation des résultats relatifs à une activité de génération de concepts. Enfin, en conclusion, une synthèse des résultats obtenus sur le terrain est offerte.

5.1 Déroulement de la recherche sur le terrain

5.1.1 Chronologie des événements

La recherche sur le terrain s'est déroulée du mois d'avril 2009 au mois de novembre de la même année chez E1. Elle s'est poursuivie du mois de février 2010 au mois de juin 2010 chez E2. La figure 5.1 suivante illustre graphiquement, sous la forme d'un histogramme tridimensionnel, les différents événements survenus pendant la période de recherche sur le terrain. Le graphique est construit à partir du journal chronologique des événements (JCÉ)

dont les données ont été saisies dans un chiffrier électronique. Afin de clarifier la présentation et rendre plus intelligible le graphique, neuf catégories d'évènement ont été définies : Rencontre d'ouverture (RO); Entrevue individuelle semi dirigée (EI); Entrevue de groupe (EG); Revue de conception (RC); Réunion d'équipe (RÉ); Discussion avec un acteur participant (DA); Activité de Génération de concepts (GC); Réponses aux questionnaires Q1 et Q2 (Q1Q2); Réponses au questionnaire final (QF). Ces événements sont identifiés sur l'axe de profondeur du graphique de la figure 5.1. À l'axe horizontal est associé le temps sur une échelle mensuelle. Enfin, l'axe vertical est construit sur une échelle de fréquence des événements (nombre d'événements par mois).

Les périodes passées dans E1 et E2 sont clairement identifiées. Le graphique met en évidence la période de réception des questionnaires finaux complétés plus d'un an après la fin de la recherche sur le terrain. L'intensité des interactions avec les participants peut être visualisée par la hauteur des bandes et par leur proximité. La séquence des événements en ordre chronologique est aussi mise en exergue. Ce qui a pu être observé, expérimenté et documenté se résume à :

- **2** réunions d'ouverture (**RO**) formelles pour expliquer les tenants et aboutissants de la recherche aux participants potentiels;
- **21** entrevues individuelles (**EI**) pour dresser le « profil » des participants;
- **4** entrevues de groupe (**EG**) pour valider le MSDP et tenter d'élever le NDS des participants à l'égard du DC;
- **4** revues de conception (**RC**) pour observer les participants en action;
- **9** réunions d'équipe (**RÉ**) pour observer les participants en action;
- **104** discussions avec les participants (**DA**) pour comprendre, valider, collecter des données;
- **3** rencontres de génération de concepts (**GC**) pour aider les participants à résoudre un problème concret, confirmer le NDS des participants à l'égard du DC et mettre à l'épreuve une méthodologie de GC;
- **18** questionnaires Q1 et **17** questionnaires Q2 (**Q1Q2**) complétés par les participants pour mesurer le NDS accordé par les participants au DC avant les entrevues de groupe;

APERÇU DES ÉVÉNEMENTS AVEC LES PARTICIPANTS

NOMBRE D'ÉVÉNEMENTS

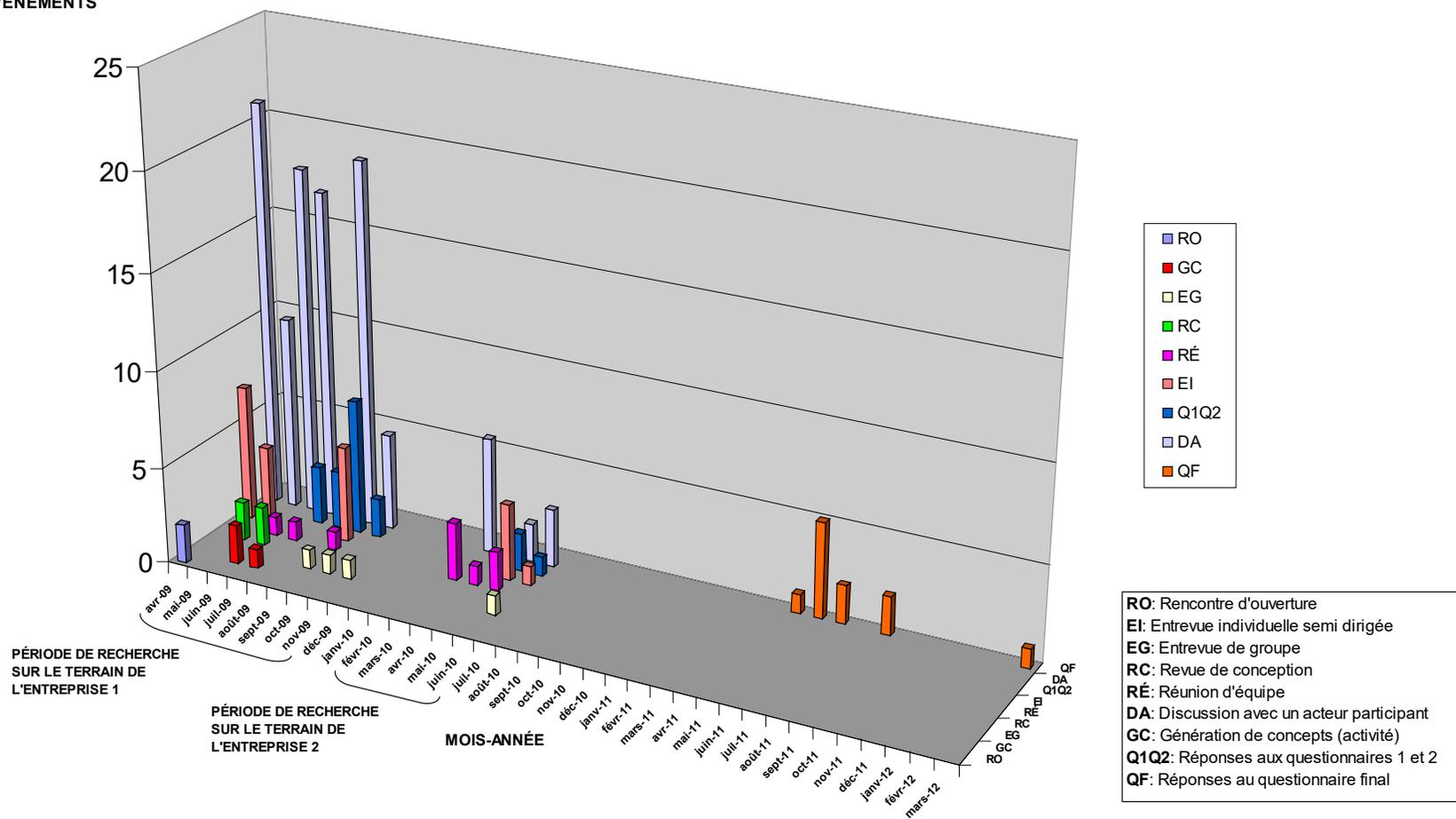


Figure 5.1 Aperçu temporel des événements avec les participants

- **11** questionnaires finaux (**QF**) complétés par les participants pour mesurer un changement du NDS accordé au DC par les participants à long terme.

5.1.2 Aléas du terrain

À l'origine, la recherche sur le terrain devait se limiter à E1. Or, une baisse imprévue des commandes forçait E1 à réduire ses activités de DP, rendant impossible la poursuite de la recherche et la possibilité d'approfondir. Ainsi, des projets dans lesquels la recherche aurait dû se prolonger ne se concrétiseraient pas. D'ailleurs, le doctorant a été contraint de cesser ses activités de recherche et quitter E1. Toutefois, les données accumulées permettaient d'espérer des résultats probants.

Une opportunité se présenta par la suite, après un intermède de trois mois, afin de poursuivre la présente recherche dans E2. Et tel qu'expliqué précédemment, ce nouveau terrain permettait de bonifier la recherche. Puis, pour des raisons financières hors de contrôle, après avoir obtenu par contre, une certaine quantité de données jugée satisfaisante, le doctorant a dû quitter E2, mettant un terme aux activités de recherche dans ce lieu également.

À la suite d'une analyse préliminaire des données accumulées dans E1 et E2, il était manifeste qu'un dernier feedback des participants était nécessaire pour confirmer ou infirmer l'élévation du NDS des participants à l'égard du DC, sous l'effet du temps (long terme). Puisque les entrevues individuelles finales prévues à l'origine de la recherche exigeaient une logistique ardue et des frais élevés à encourir, elles ont été abandonnées au profit d'un questionnaire final envoyé électroniquement aux participants, en espérant qu'ils y répondent objectivement sans se sentir contraints. Ainsi, près d'un an après la fin de la recherche sur le terrain, les questionnaires finaux ont donc été acheminés aux participants. Mais plusieurs de ceux-ci avaient quitté l'entreprise pour différentes raisons, rendant la tâche de les joindre plus difficile. De plus, les participants de E1 se retrouvaient à cette époque au milieu d'une nouvelle tourmente relative à une restructuration d'entreprise. Conséquemment, seulement onze participants ont répondu à l'appel, soit un peu plus de 50% du nombre de participants à l'origine.

5.2 Niveau de sens accordé au DC par les acteurs du DP

5.2.1 Développement d'une échelle de niveau de sens accordé au DC

Inspiré des théories évoquées au chapitre 2 exposant l'état des connaissances et spécialement à la section 2.6.2, voici comment le doctorant a construit l'échelle de NDS accordé au DC :

- **NDS = 0** ou **État de désintéressement**

Au niveau « plancher » de sens, l'acteur considère le DC inutile et inintéressant. L'acteur est désintéressé par rapport au DC.

- **NDS = 1** ou **État de neutralité-indifférence**

À un premier niveau de sens, l'acteur du DP reconnaît l'importance du DC, c.-à-d. qu'il admet que l'activité peut être utile, OU qu'il démontre un intérêt mitigé, sans présenter d'enthousiasme. L'acteur est plutôt neutre ou indifférent par rapport au DC.

- **NDS = 2** ou **État de motivation-intérêt**

Le deuxième niveau de sens correspond à un état dans lequel un acteur du DP considère le DC important ET intéressant. L'acteur démontre visiblement de l'intérêt. Il perçoit le DC comme un « beau problème », comme une occasion de combler ses besoins de réalisation selon la théorie de la motivation de Maslow [Côté *et al.*, 1986], mais il peut éprouver un certain manque de confiance dû à des craintes de ne pas aboutir ou bien, dans l'autre extrême, un surcroît de confiance dû à l'apparente facilité de l'activité malgré la reconnaissance de son utilité. La constatation du « problème », la recherche de concepts et la détermination de la solution s'apparentent de fait à un apprentissage en simple boucle [Gildersleeve, 2003] par lequel l'acteur ne remet pas en question ses modèles mentaux. L'acteur est néanmoins motivé et intéressé par rapport au DC.

- **NDS = 3** ou **État de mobilisation-enthousiasme**

La motivation basée sur le désir de satisfaire ses besoins ne pousserait pas nécessairement l'acteur à l'action. Selon la théorie du résultat escompté, « ce qui pousse l'individu à agir est l'idée qu'il entretient sur la possibilité de réussite d'une action ou d'un projet » [Côté *et al.*, 1986]. Ainsi, au troisième niveau de sens, l'acteur démontrerait une juste confiance dans sa

réussite à trouver le bon concept et beaucoup d'enthousiasme à performer et à réussir dans une activité du DC qu'il considère des plus importantes. Il consentirait les efforts nécessaires à la recherche ou au développement des concepts solutionnant le « beau problème » mentionné précédemment. Sur demande ou parfois de sa propre initiative, il s'investirait totalement et sans hésiter dans une activité de DC. L'acteur serait mobilisé et enthousiaste par rapport au DC.

- **NDS = 4 ou État d'engagement-passion**

Mais, pour qu'il y ait une amélioration durable du DC, l'acteur devrait chercher continuellement à augmenter son efficacité, c.-à-d. à remettre en question ses modèles mentaux [Senge, 2006] qui sont à l'origine de ses actions. Ceci est similaire à un apprentissage dit en double boucle [Gildersleeve, 2003]. Pour Verganti d'ailleurs, la clé de voute de l'innovation de produit serait l'apprentissage systémique, cette capacité d'apprendre des résultats des projets antécédents et d'incorporer cette expérience dans les équipes d'avant-projet [Verganti, 1997]. Pas étonnant donc que le succès des compagnies japonaises reposeraient entre autres sur la maîtrise et l'application efficace du principe d'apprendre plus rapidement que la compétition [Miller et Morris, 1999]. L'acteur annonçant une telle attitude aurait atteint le quatrième niveau de sens. Il initierait l'activité de DC de son propre chef. Il s'y réaliserait totalement avec passion, entraînerait les autres dans son sillage suivant un processus d'apprentissage continu ou d'apprentissage systémique. L'acteur serait ainsi engagé et passionné par rapport au DC.

En somme l'acteur par rapport au DC peut être en état de désintéressement (NDS=0), en état de neutralité-indifférence (NDS=1), en état de motivation-intérêt (NDS=2), en état de mobilisation-enthousiasme (NDS=3) ou en état d'engagement-passion (NDS=4). L'échelle de NDS semble par ailleurs cohérente avec l'existence d'un continuum ou une gradation entre la motivation, la mobilisation et l'engagement. « Il est en effet difficile de mobiliser des employés qui ne sont pas motivés, tout comme il est ardu de susciter l'engagement d'individus qui ne sont ni motivés ni mobilisés » [Chartier *et al.*, 2008]. Finalement, plus le NDS accordé au DC par un acteur est élevé, plus l'acteur s'intéresse au DC, plus il y dédie des efforts, plus il s'y mobilise, plus il s'y engage et plus il cherche à s'y améliorer.

L'échelle de mesure du NDS relève sans contredit du domaine du qualitatif et des sciences de l'imprécis. Il s'agit d'une échelle à cinq niveaux (0,1,2,3,4) dont le degré de précision relativement faible permet d'espérer une convergence adéquate des jugements pour l'évaluation du NDS qui demeure toutefois une opération subjective [Moles, 1995]. Rien n'empêche cependant d'utiliser des niveaux intermédiaires (Ex. : 1,5 ou 2,3 ou 3,7). Avec une échelle ainsi définie, il est maintenant possible de mesurer le NDS que les acteurs accordent au DC. Il est possible également d'utiliser particulièrement les statistiques de moyennes et de variances [Darmon *et al.*, 1991] reposant sur des critères de décision qui permettent de reconnaître les changements jugés significatifs. Il faudra cependant développer un certain nombre d'indicateurs permettant de déterminer le NDS qu'un acteur du DP accorde au DC. Incidemment, chaque instrument de constitution des données se verra allouer une grille d'évaluation, laquelle associera des indicateurs aux NDS comme il sera vu plus loin dans ce chapitre.

5.2.2 Le NDS comme variable aléatoire

Il faut noter que le NDS accordé au DC peut varier pour un même acteur dans « l'espace-produits ». C'est-à-dire que le NDS accordé au DC par un acteur peut dépendre du genre de produit. Ainsi, un acteur pourra démontrer un engagement (NDS=4) pour le DC relatif à un produit qui le passionne ou qui est en lien avec des valeurs importantes pour lui, mais il pourrait aussi manifester un désintéressement total (NDS=0) envers le DC effectué dans le cadre du développement d'un produit pour lequel il n'attribuerait aucune valeur ou qu'il considérerait immoral selon sa conscience. Bref, l'acteur devrait au préalable aimer le produit, être intrinsèquement motivé pour s'investir en DC. D'ailleurs, chez W.L. Gore, entreprise réputée mondialement pour ses innovations, les ingénieurs « se font les champions des produits qu'ils veulent développer » [Hamel, 2008]. Cette compagnie est régie par une éthique d'engagement volontaire basée sur la conviction de son fondateur « que de s'investir de son plein gré dans un projet est mille fois plus précieux, pour l'entreprise, qu'une soumission résignée » [Hamel, 2008]. Aussi, semble-t-il, selon des recherches portant sur la créativité, « qu'une très forte motivation intrinsèque reposant sur une fascination pour les données d'un problème constitue l'une des principales sources de créativité » [Guntern, 2001]. Même que les individus intrinsèquement motivés seraient plus créatifs que les individus qui le sont

extrinsèquement [Amabile, 1983]. Comme le DC est une activité de création, le produit et le problème à résoudre devraient être de ce fait intrinsèquement motivants au départ pour les ingénieurs.

Il faut signaler également que le NDS accordé au DC peut varier pour un même acteur et pour un même produit dans le temps. Personne n'est en effet toujours motivé au même niveau ou d'humeur constante. Par exemple, perdre un être cher, vivre un divorce, ou connaître un problème de santé, sont des situations augmentant les chances pour que la motivation d'un individu ne soit pas au niveau qu'elle pourrait être en absence de ces épreuves [Sternberg, 1988].

Le NDS n'est donc pas une valeur absolue, immuable dans le temps et l'espace. Par contre, pour un acteur émotionnellement stable (malgré certaines fluctuations émotionnelles inhérentes à tout être humain normal) évoluant dans un environnement relativement stabilisé au sein d'une équipe développant un produit particulier, le NDS peut être considéré comme une valeur vacillante mais contenue dans une certaine plage de valeurs sur une certaine période de temps. À moins qu'une intervention ou qu'un événement majeur intentionnel ou non, modifiant substantiellement le NDS ne survienne (variation exceptionnelle), la valeur de celui-ci est assumée bornée entre deux limites (variation normale). Cela est représenté schématiquement sur la figure 5.2. Le graphique ressemble de fait à un *process behavior chart* [Wheeler, 2000] suggérant l'idée de suivre l'évolution du NDS des acteurs du DP dans le temps et d'intervenir quand le NDS s'avèrerait insuffisant.

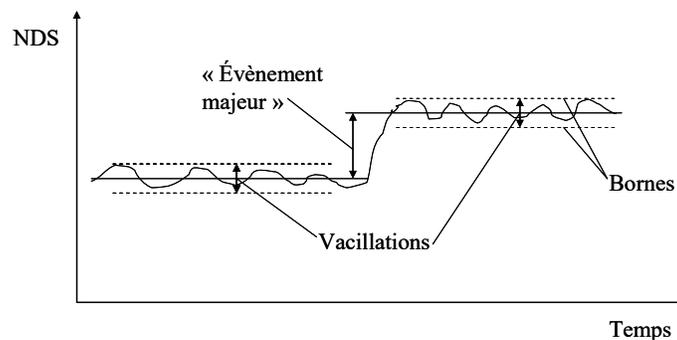


Figure 5.2 Vacillations du NDS dans le temps

Afin de tenir compte des fluctuations du NDS, ce dernier sera assimilé à une variable aléatoire dont la distribution de probabilité est uniforme. Une telle distribution signifie que la valeur du NDS a la même probabilité de se situer entre les bornes inférieure et supérieure [Creveling, 1997]. De cette manière, un certain intervalle de confiance sera accolé à la mesure du NDS, ce qui serait considéré une bonne approche en recherche qualitative [Miles et Huberman, 2003]. De plus, il apparaît de cette façon de tenir compte des variations, autant celles due à la précision des appareils de mesure que celles relatives aux variations du phénomène mesuré, qu'une meilleure extraction des connaissances dissimulées derrière les données sera réalisée [Wheeler, 2000]. Wheeler mentionne d'ailleurs: "*While it is simple and easy to compare one number with another number, such comparisons are limited and weak. They are limited because of the amount of data used, and they are weak because both of the numbers are subject to the variation that is inevitably present in real world data. Since both the current value and the earlier value are subject to this variation, it will always be difficult to determine just how much of the difference between the values is due to variation in the numbers, and how much, if any, of the difference is due to real changes in the process*" [Wheeler, 2000]. Selon Tremblay et Chassé, « le scientifique [...] doit [notamment] pouvoir indiquer dans quelles limites on peut se fier à ses mesures » [Tremblay et Chassé, 1970]. Il peut donc estimer un intervalle qui correspondra à une *incertitude absolue*. La question est de savoir selon quels critères doit-on faire cette estimation? Tremblay et Chassé mentionnent « qu'il est difficile de répondre brièvement à cette question, car les critères sont très nombreux et varient suivant les mesures effectuées » [Tremblay et Chassé, 1970]. Des précautions ont été ainsi prises afin de rendre compte explicitement que la mesure du NDS est imprécise mais néanmoins mesurable et qu'il est donc pertinent d'utiliser des variables aléatoires.

Le résultat donné par chaque instrument de mesure se présentera sous l'aspect d'une distribution uniforme montrée sur la figure 5.3, et s'exprimera avec un NDS moyen (nds_{moy})³⁴, un NDS minimum (nds_{min}) et un NDS maximum (nds_{max}). La distance entre ces valeurs minimum et maximum est de N unités de NDS c.-à-d. que le jugement de la valeur du NDS

³⁴ « nds » en lettres minuscules signifie que sa valeur a été déterminé par un instrument particulier de constitution des données. Il s'agit de fait d'une valeur intermédiaire.

accordé au DC par un participant est estimé précis à $\pm 0,5 N$ unités de NDS. La valeur N sera d'autant plus petite que le degré de confiance envers l'instrument de mesure sera grand.

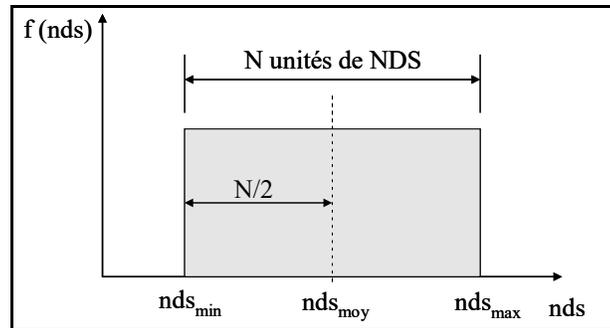


Figure 5.3 Distribution uniforme du résultat d'un instrument de mesure du NDS

La procédure d'évaluation du nds_{moy} de chacun des instruments de mesure sera présentée dans les sections suivantes. La valeur de N est déterminée subjectivement avec le degré de confiance associé à l'instrument mesurant le niveau de sens. Pour chaque instrument de mesure, les calculs de nds_{max} , nds_{min} et de l'écart type « s » de la distribution uniforme sont effectués au moyen des équations 5.1 à 5.3 :

$$nds_{max} = nds_{moy} + N/2 \quad (5.1)$$

$$nds_{min} = nds_{moy} - N/2 \quad (5.2)$$

$$s = N/\sqrt{12} \quad [\text{Saporta, 2006}] \quad (5.3)$$

Calcul de NDS_i , $NDS_{a,CT}$ et $NDS_{a,LT}$

Pour chacun des participants, un NDS_i , un $NDS_{a,CT}$ et un $NDS_{a,LT}$ sont calculés en pondérant les valeurs de nds obtenus selon les différents instruments de mesure respectivement utilisés. Tel que mentionné précédemment, les nds sont assimilés à des variables aléatoires de distribution uniforme considérées indépendantes les unes par rapport aux autres. Ceci permet d'utiliser les propriétés des variables aléatoires suivantes [Walpole, 1982] :

Si X et Y sont des variables aléatoires indépendantes, μ et σ^2 la moyenne et la variance respectivement, alors :

$$\mu_{aX+b} = a\mu_X + b = a\mu + b \quad (5.4)$$

$$\mu_{X+Y} = \mu_X + \mu_Y \quad \text{et} \quad \mu_{X-Y} = \mu_X - \mu_Y \quad (5.5)$$

$$\mu_{XY} = \mu_X \mu_Y \quad (5.6)$$

$$\sigma_{X+b}^2 = \sigma_X^2 = \sigma^2 \quad (5.7)$$

$$\sigma_{aX}^2 = a^2 \sigma_X^2 = a^2 \sigma^2 \quad (5.8)$$

$$\sigma_{X+Y}^2 = \sigma_X^2 + \sigma_Y^2 \quad \text{et} \quad \sigma_{X-Y}^2 = \sigma_X^2 + \sigma_Y^2 \quad (5.9)$$

Basé sur ces propriétés, le calcul des NDS_i s'effectue au moyen des équations suivantes:

$$\text{NDS}_{i,\text{moy}} = 1/k \times (\text{nds}_{\text{moy,EI}} + \text{nds}_{\text{moy,Q1}} + \text{nds}_{\text{moy,Q2}} + \text{nds}_{\text{moy,JCÉ-RO-RC-RÉ-DA-GC}}) \quad (5.10)^{35}$$

$$\text{NDS}_{i,\text{max}} = 1/k \times (\text{nds}_{\text{max,EI}} + \text{nds}_{\text{max,Q1}} + \text{nds}_{\text{max,Q2}} + \text{nds}_{\text{max,JCÉ-RO-RC-RÉ-DA-GC}}) \quad (5.11)$$

$$\text{NDS}_{i,\text{min}} = 1/k \times (\text{nds}_{\text{min,EI}} + \text{nds}_{\text{min,Q1}} + \text{nds}_{\text{min,Q2}} + \text{nds}_{\text{min,JCÉ-RO-RC-RÉ-DA-GC}}) \quad (5.12)$$

$$s_i^2 = 1/k^2 \times (s_{i,\text{EI}}^2 + s_{i,\text{Q1}}^2 + s_{i,\text{Q2}}^2 + s_{i,\text{JCÉ-RO-RC-RÉ-DA-GC}}^2) \quad (5.13)$$

Pour le calcul des NDS_{a,CT}, les équations suivantes sont utilisées :

$$\text{NDS}_{a,\text{CT},\text{moy}} = 1/k \times (\text{nds}_{\text{moy,EG}} + \text{nds}_{\text{moy,JCÉ-EG}}) \quad (5.14)$$

$$\text{NDS}_{a,\text{CT},\text{max}} = 1/k \times (\text{nds}_{\text{max,EG}} + \text{nds}_{\text{max,JCÉ-EG}}) \quad (5.15)$$

$$\text{NDS}_{a,\text{CT},\text{min}} = 1/k \times (\text{nds}_{\text{min,EG}} + \text{nds}_{\text{min,JCÉ-EG}}) \quad (5.16)$$

$$s_{a,\text{CT}}^2 = 1/k^2 \times (s_{a,\text{CT},\text{EG}}^2 + s_{a,\text{CT},\text{JCÉ-EG}}^2) \quad (5.17)$$

Pour le calcul des NDS_{a,LT}, les équations suivantes sont utilisées :

$$\text{NDS}_{a,\text{LT},\text{moy}} = 1/k \times (\text{nds}_{\text{moy,QF\#1}} + \text{nds}_{\text{moy,QF\#2}} + \text{nds}_{\text{moy,QF\#3}} + \text{nds}_{\text{moy,QF\#4}} + \text{nds}_{\text{moy,QF\#5}}) \quad (5.18)$$

$$\text{NDS}_{a,\text{LT},\text{max}} = 1/k \times (\text{nds}_{\text{max,QF\#1}} + \text{nds}_{\text{max,QF\#2}} + \text{nds}_{\text{max,QF\#3}} + \text{nds}_{\text{max,QF\#4}} + \text{nds}_{\text{max,QF\#5}}) \quad (5.19)$$

³⁵ La valeur « k » correspond au nombre d'éléments dans la parenthèse. Ici, si toutes les valeurs sont disponibles, k=4. Si seulement 3 valeurs sont disponibles, alors k=3 et ainsi de suite.

$$\text{NDS}_{a,LT,\min} = 1/k \times (\text{nds}_{\min,QF\#1} + \text{nds}_{\min,QF\#2} + \text{nds}_{\min,QF\#3} + \text{nds}_{\min,QF\#4} + \text{nds}_{\min,QF\#5}) \quad (5.20)$$

$$s_{a,LT}^2 = 1/k^2 \times (s_{a,LT,QF\#1}^2 + s_{a,LT,QF\#2}^2 + s_{a,LT,QF\#3}^2 + s_{a,LT,QF\#4}^2 + s_{a,LT,QF\#5}^2) \quad (5.21)$$

Il faut noter que l'addition (c'est également le cas pour la soustraction) de variables aléatoires de distribution de probabilité uniforme, résulte en une variable de distribution de probabilité triangulaire³⁶. Comme les variables aléatoires NDS_i , $\text{NDS}_{a,CT}$ et $\text{NDS}_{a,LT}$ émanent d'un tel calcul, elles prendront donc la forme d'une distribution de probabilité triangulaire. En référence à la figure 5.4 suivante, basé sur la théorie statistique de la décision utilisant les hypothèses statistiques [Walpole, 1982], pour qu'une élévation du NDS soit statistiquement vérifiée il faudra que:

$$a_2 \geq b_1 \quad (5.22)$$

sinon que :

$$2 \times \left(\frac{b_1 - (b_1 - a_1) \sqrt{\frac{\alpha}{2}}}{(b_2 - a_2)} \right)^2 - \beta \leq 0 \quad (5.23)$$

sinon, il n'y a pas d'élévation du NDS.

avec :

α : Probabilité de **reconnaitre** une élévation du NDS alors qu'**il n'y en a pas**.

β : Probabilité de **ne pas reconnaitre** une élévation du NDS alors qu'**il n'y en a une**.

Et :

$$a_1 = \text{NDS}_{i,\min} \quad (5.24)$$

³⁶ Voir <http://www.jybaudot.fr/Probab/uniforme.html>. De plus, un logiciel permettant d'effectuer des simulations de Monte Carlo est en mesure d'effectuer l'addition de deux distributions uniformes et de montrer que le résultat est bel et bien une distribution triangulaire.

$$b_1 = \text{NDS}_{i,\max} \quad (5.25)$$

$$a_2 = \text{NDS}_{a,\text{CT},\min} \text{ ou } \text{NDS}_{a,\text{LT},\min} \text{ (selon le cas)} \quad (5.26)$$

$$b_2 = \text{NDS}_{a,\text{CT},\max} \text{ ou } \text{NDS}_{a,\text{LT},\max} \text{ (selon le cas)} \quad (5.27)$$

$$\frac{a_1 + b_1}{2} = \text{NDS}_{i,\text{moy}} \quad (5.28)$$

$$\frac{a_2 + b_2}{2} = \text{NDS}_{i,\text{CT},\text{moy}} \text{ ou } \text{NDS}_{i,\text{LT},\text{moy}} \text{ (selon le cas)} \quad (5.29)$$

Les valeurs α et β ont été fixées à **0,1** et **0,25** respectivement par l'expérimentateur³⁷. Ces valeurs ont été jugées raisonnables comme il s'agissait de donner un certain degré de confiance à l'égard des résultats sans trop d'optimisme ni trop de pessimisme. La valeur β est plus élevée que la valeur α , car il est considéré moins « critique » *de ne pas reconnaître une élévation du NDS alors qu'il n'y en a une que de reconnaître une élévation du NDS alors qu'il n'y en a pas*.

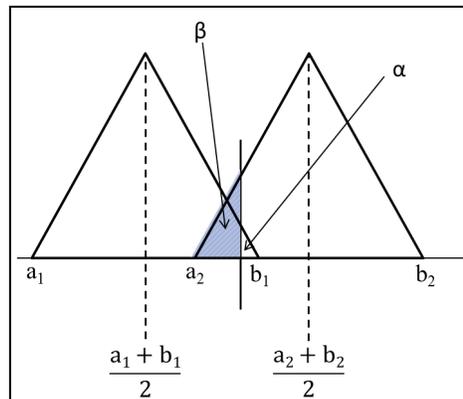


Figure 5.4 Distributions de probabilités triangulaires pour le calcul de l'élévation du NDS

³⁷ Howell mentionne que malheureusement dans la pratique, la plupart des gens choisissent arbitrairement le niveau de α , tel **0,05** ou **0,01**, en ignorant simplement β . Le statisticien peut rationnellement statuer avec une assez bonne précision, la probabilité de prendre une mauvaise décision en spécifiant la valeur de α . Howell considère qu'il est également important de tenir compte de β et plus particulièrement de la *puissance* $(1 - \beta)$ [Howell, 1999]. Le statisticien ou l'expérimentateur établit en fait la probabilité d'effectuer une décision erronée, selon le niveau qu'il juge acceptable relié à la criticité de la décision.

5.2.3 Résultats d'analyse des entrevues individuelles semi-dirigées

Toutes les entrevues, mis à part celle avec « P » effectuée au téléphone en main libre, ont été réalisées par le doctorant dans un bureau fermé en face à face avec le participant. La passation des questions a fait l'objet d'un enregistrement à l'exception du cas de « A » qui l'a refusé. Ces enregistrements ont été par la suite retranscrits intégralement pour fins d'analyse. Pour le participant « A », un compte rendu écrit a été produit par le doctorant et validé par « A » lui-même. Les entrevues ont duré 26 minutes en moyenne chez E1 contre 14 minutes chez E2. L'entrevue la plus courte s'est effectuée chez E2 en 11 min alors que la plus longue a eu lieu chez E1 et a nécessité 52 min. La durée de l'entrevue était principalement sous le contrôle du participant. Deux facteurs pourraient expliquer, du moins en partie, la plus grande volubilité des participants issus de E1. Ces derniers détiennent d'abord une plus grande expérience du DP (ils auraient de fait plus d'histoires à raconter) telle que montré par les données du tableau B.1 de l'annexe B. Ils sont aussi pour plusieurs et depuis plus longtemps en relation professionnelle avec le doctorant, de sorte que le lien de confiance (ou de méfiance) serait mieux établi.

L'analyse des entrevues a nécessité l'examen de plus de 160 pages de retranscriptions. Elle a consisté essentiellement à reconnaître des indicateurs à travers le texte et d'y attribuer des étiquettes selon les grilles présentées au tableau C.1 de l'annexe C. Le tableau C.2 développé par Vandebosch, Saatcioglu et Fay (traduit en français par le doctorant), permettait ensuite de déterminer l'archétype du participant, connaissant l'ensemble des étiquettes attribuables au participant.

Toutes les codifications ont été effectuées par le doctorant lui-même. Tel que recommandé par Miles et Huberman, il aurait été préférable toutefois d'utiliser différents codificateurs afin de réduire le biais et augmenter l'objectivité mais cela n'a pu se réaliser faute de moyens (financiers notamment). Néanmoins, pour palier à cet obstacle, le doctorant a effectué toutes les analyses deux fois plutôt qu'une. La deuxième analyse a eu lieu plus d'un an après le premier examen, et ce, en utilisant une approche légèrement différente.

Pour la première passe d'analyse, les transcriptions avaient été produites dans un fichier *MS-Excel*. Les passages des transcriptions contenant potentiellement les « indicateurs » étaient d'abord surlignés en bleu. Ensuite, après avoir balayé la transcription complètement pour un participant, un deuxième examen était effectué, en surlignant en rouge cette fois, les éléments de phrases pour lesquelles un indicateur pouvait être attribué. Ce processus de convergence permettait l'identification efficace de l'indicateur jugé approprié. Un extrait du chiffrier d'analyse de la première passe est fourni dans la section C.4 de l'annexe C.

Quant à la deuxième analyse complète effectuée par le doctorant, toutes les transcriptions avaient été reproduites dans un fichier *MS-Word* pour cette occasion. Elle a consisté à « prélever » les passages des transcriptions jugés pertinents mais cette fois à partir du texte écrit sous *MS-Word*, sans les passages surlignés de la première analyse, et de les « coller » près des indicateurs pertinents dans une grille regroupant les tableaux C.1 et C.2. Il était possible de cette façon de confirmer (ou d'infirmer) les résultats de la première analyse de façon plus objective par un seul juge, le doctorant lui-même. Un extrait du chiffrier d'analyse de la deuxième passe est fourni dans la section C.5 de l'annexe C.

Fait à noter, le participant « C » révélait que selon lui, il « fonctionne beaucoup par consensus », une observation inscrite dans le journal après l'entrevue individuelle, mais bien avant l'analyse de la transcription³⁸. Or, « C » s'est finalement vu attribuer l'archétype de « Bâtitseur de consensus », dénotant donc une cohérence dans la démarche.

En comparant les descriptions des archétypes dans la section C.2 de l'annexe C avec l'échelle de NDS développée à la section 5.2.1, il convenait d'attribuer un nds_{moy} à chaque archétype. L'archétype est donc considéré comme un indicateur de NDS. La correspondance établit entre l'archétype et le nds_{moy} est expliquée à l'annexe C et le tableau C.3 montre cette correspondance. Il faut noter que le niveau nul est absent du tableau puisque ce niveau peut être atteint peu importe l'archétype et fort probablement de manière momentanée quand le produit paraît totalement inacceptable pour un acteur du DP, tel qu'expliqué au début de la

³⁸ Réf. : ligne 29 du journal chronologique des événements numérisé.

section 5.2.2. Cependant, en toute évidence, tous les acteurs du DP démontreront à tout le moins un minimum d'intérêt pour certains produits sinon, ils ne pourraient tout simplement pas faire partie d'une équipe de DP, du moins pas très longtemps!

Tous les participants se sont vu accoler un archétype sans qu'aucun « débatteur » ni « évaluateur » n'aient été identifiés chez les participants. La recherche de Vandebosh, Saatcioglu et Fay avait également montré très peu de sujets affichant ces archétypes [Vandebosh *et al.*, 2006]. En fait, ces deux catégories d'archétype caractérisent des acteurs dont les NDS sont les plus élevés dans l'échelle de niveau de sens et aucun participant à la recherche n'avait atteint ces niveaux, ni avant, ni après l'entrevue de groupe. Selon l'archétype, un « nds_{moy} » a été inscrit pour chaque participant tel que présenté dans le tableau 5.1 suivant. Ce tableau contient également les nds_{max} , nds_{min} et s calculés définissant une distribution uniforme avec les équations 5.1, 5.2 et 5.3 en utilisant $N = 1$, associé à un niveau de confiance de l'instrument jugé moyen. Il est supposé ici que l'archétype d'un participant puisse évoluer dans le temps au même titre que le NDS. Les chercheurs Vandebosh, Saatcioglu et Fay ont soulevé ce point sans toutefois y répondre de façon définitive. Cela faisait partie d'une limitation de leur étude et d'une suggestion pour une recherche future [Vandebosh *et al.*, 2006].

La valeur moyenne des nds_{moyen} des participants de la 3^e colonne du tableau 5.1 donne une valeur égale à 2 ($nds_{moyen,global,EI} = 2$). Cette valeur sera comparée plus loin aux moyennes globales obtenues à partir des questionnaires Q1 et Q2.

Tableau 5.1 nds_{moy} des participants selon l'analyse des entrevues individuelles

| PARTICIPANT | ARCHÉTYPE | nds_{moy} | nds_{min} | nds_{max} | s |
|--------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------|
| A | Chercheur | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 |
| B | Bâtitseur de consensus | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| C | Bâtitseur de consensus | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| D | Incrémentaliste | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,289 |
| E | Chercheur | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 |
| F | Incrémentaliste | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,289 |
| G | Incrémentaliste | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,289 |
| H | Bâtitseur de consensus | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| I | Chercheur | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 |
| J | Incrémentaliste | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,289 |
| K | Bâtitseur de consensus | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| L | Bâtitseur de consensus | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| M | Incrémentaliste | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,289 |
| N | Bâtitseur de consensus | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| O | Chercheur | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 |
| P | Bâtitseur de consensus | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| Q | Incrémentaliste | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,289 |
| R | Bâtitseur de consensus | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| S | Chercheur | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 |
| T | Bâtitseur de consensus | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| U | Chercheur | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 |

5.2.4 Résultats d'analyse des observations répertoriées dans le JCÉ

Près de 800 lignes, représentant tout autant d'observations, ont été saisies dans le journal chronologique des évènements (JCÉ) retranscrit sous la forme d'un chiffrier électronique avec le logiciel *MS Excel*. Un extrait de ce chiffrier est présenté dans la section G.1 de l'annexe G. Les réflexions écrites du doctorant n'ont cependant pas fait partie de cette retranscription étant de nature plus subjective. L'analyse du JCÉ était ainsi effectuée sans l'influence directe de ces réflexions.

Ce qui est intéressant ici ce sont les écrits relatifs au DC, c.-à-d. ceux des catégories RO, RC, RÉ, DA et GC (définies dans la section 5.1.1) et permettant d'évaluer un nds pour chaque participant en utilisant une grille d'évaluation développée pour la cause. Cette grille est représentée par le tableau G.2 de l'annexe G.

Ainsi pour chaque participant selon l'ensemble des catégories mentionnées au paragraphe précédent, le nds_{moy} correspond à la valeur moyenne entre le maximum et le minimum des « nds » obtenus à la suite d'un balayage complet du JCÉ. Un exemple de ce procédé est montré dans la figure G.1 de la section G.3 de l'annexe G. Évidemment, cette évaluation demeure quelque peu subjective, mais l'approche préconisée permet du moins d'attribuer un degré de confiance aux évaluations notamment en spécifiant la valeur de N. Le tableau 5.2 présente les résultats issus de l'analyse du JCÉ en utilisant $N = 1$ associé à un niveau de confiance de l'instrument jugé moyen, c.-à-d. que la valeur du NDS est à $\pm 0,5$ unité de NDS près. L'expérimentateur pourrait donc se tromper au maximum jusqu'à une unité de NDS, ce qui semble raisonnable, compte tenu de la précision des instruments de mesure.

5.2.5 Résultats d'analyse des réponses aux questionnaires Q1 et Q2

Questionnaire Q1

Les réponses au questionnaire Q1 ont fait l'objet d'une analyse « par participant », d'une analyse « globale » et d'une analyse « par question ». L'analyse par participant permet de calculer le nds_{moy} . Quant à l'analyse globale, elle consiste fondamentalement à effectuer une moyenne des réponses de tous les participants à chacune des questions. En d'autres mots, il s'agit de créer un « participant moyen » dont le « jugement » correspond à la moyenne des jugements de tous les participants. Cette procédure est basée sur le principe général de « décorrélation d'erreur » ou le principe de la « sagesse des foules » [Kahneman, 2011; Hamel, 2008; Surowiecki, 2005]. En fait, les participants ont répondu au questionnaire de façon indépendante et sans s'influencer l'un l'autre (le contraire est peu probable puisque la demande leur a été faite personnellement et qu'elle visait expressément obtenir leur opinion personnelle). Comme la perception individuelle de la situation du DC peut être surestimée par certains participants et sous-estimée par d'autres, le principe de la sagesse des foules permet de présager un portrait plus juste de la condition réelle du NDS accordé au DC au sein des équipes de E1 et E2. Finalement, l'analyse par question permet d'obtenir une opinion générale des participants sur l'importance du DC.

Tableau 5.2 nds_{moy} des participants selon l'analyse du JCE

| PARTICIPANT | nds_{moy} | nds_{min} | nds_{max} | s |
|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------|
| A | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| B | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| C | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| D | N/A ³⁹ | N/A | N/A | N/A |
| E | 2,5 | 2 | 3 | 0,289 |
| F | N/A | N/A | N/A | N/A |
| G | N/A | N/A | N/A | N/A |
| H | N/A | N/A | N/A | N/A |
| I | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| J | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| K | 2,5 | 2 | 3 | 0,289 |
| L | 2,5 | 2 | 3 | 0,289 |
| M | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| N | 2,5 | 2 | 3 | 0,289 |
| O | 2,5 | 2 | 3 | 0,289 |
| P | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 |
| Q | N/A | N/A | N/A | N/A |
| R | 1,5 | 1 | 2 | 0,289 |
| S | 2,5 | 2 | 3 | 0,289 |
| T | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,289 |
| U | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |

La figure E.4 de l'annexe E expose la grille de calcul utilisée pour évaluer le nds_{moy} à partir du questionnaire Q1. Le principe utilisé s'appuie sur l'hypothèse qu'un participant de $nds = 3$ répondrait à « Fortement d'accord » à chacune des questions (voir la figure E.4). Les questions sont en effet fortement et volontairement axées sur l'importance et l'utilité du DC, reflétant finalement ce que plusieurs recherches semblent conclure tel que discuté à la section 2.2.3. Néanmoins, afin d'amoindrir l'effet du biais de « désirabilité sociale » qui induirait les répondants à répondre « comme attendu » plutôt que comme « ils le pensent », les participants conservaient une pleine liberté de s'opposer aux affirmations, de signifier leur ignorance ou leur ambivalence et/ou d'y ajouter des commentaires au besoin, comme mentionné à la section 4.3.5.

³⁹ N/A signifie « non applicable » utilisé dans les cas où le participant n'a pas fourni de réponse au questionnaire ou à une question du questionnaire ou qu'aucune observation ne soit disponible.

Chacune des questions s'est vue accorder le même poids l'une par rapport à l'autre comme en fait foi la colonne « $nds_{moy,q,MAX}$ » de la figure E.4 (c.-à-d. le nds maximum associé à une question si la réponse à celle-ci est « Fortement d'accord »). Quant aux réponses à chacune des questions, les poids suivants ont été accordés : 1 pour « Fortement d'accord », 2/3 pour « d'accord », 1/3 pour « Neutre » et 0 pour « En désaccord » et « Fortement en désaccord ». La réponse « Ne sait pas » est pondérée à 1/3 pour reconnaître le fait que l'aveu d'une ignorance est le signe d'une certaine réflexion par rapport au DC dans le présent contexte, ce qui est jugé positif⁴⁰. Le nds_{moy} est calculé en effectuant une moyenne des valeurs de la colonne « $nds_{moy,q}$ » de la figure E.4. La même grille est utilisée pour caractériser le « participant moyen », défini dans un paragraphe précédent. Le tableau 5.3 présente les résultats issus de l'analyse du questionnaire Q1 en utilisant $N = 1$ associé à un niveau de confiance de l'instrument jugé moyen.

Pour l'analyse globale du questionnaire Q1, si une moyenne de toutes les réponses des participants pour chaque question est utilisée afin d'obtenir les réponses d'un « participant moyen » tel qu'expliqué précédemment, un $nds_{moyen,global,Q1} = 1,8$ est obtenu. Cette valeur représenterait le NDS accordé globalement au DC par tous les participants réunis, selon les réponses au questionnaire Q1.

Plusieurs participants se sont prévalus de la possibilité d'ajouter des commentaires pour clarifier leur pensée dans les espaces des questionnaires réservées à cet effet. Ainsi, les commentaires des participants « C », « D », « E », « H » et « S » rappellent les limitations de ressources humaines et financières pour faire du DC. « H » et « J » évoquent l'importance du client et de ses besoins. Enfin, « H », « M » et « O » reconnaissent l'importance des outils de conception en liant ceux-ci avec l'expérience du concepteur.

⁴⁰ Si un participant répondait « je ne sais pas » à toutes les questions, il se verrait attribuer un $NDS = 1$. Le bénéfice du doute pourrait être donné à ce participant à l'effet qu'il accorde un minimum d'importance au DC et qu'il existe de l'espoir pour faire augmenter son NDS.

Tableau 5.3 nds_{moy} des participants selon l'analyse du Questionnaire Q1

| PARTICIPANT | nds_{moy} | nds_{min} | nds_{max} | s |
|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------|
| A | 2,3 | 1,8 | 2,8 | 0,289 |
| B | 2,1 | 1,6 | 2,6 | 0,289 |
| C | 2,4 | 1,9 | 2,9 | 0,289 |
| D | 1,6 | 1,1 | 2,1 | 0,289 |
| E | 1,7 | 1,2 | 2,2 | 0,289 |
| F | 1,5 | 1,0 | 2,0 | 0,289 |
| G | 2,0 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| H | 2,0 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| I | N/A | N/A | N/A | N/A |
| J | 1,5 | 1,0 | 2,0 | 0,289 |
| K | 1,6 | 1,1 | 2,1 | 0,289 |
| L | 2,8 | 2,3 | 3,3 | 0,289 |
| M | 2,2 | 1,7 | 2,7 | 0,289 |
| N | 2,5 | 2,0 | 3,0 | 0,289 |
| O | 1,8 | 1,3 | 2,3 | 0,289 |
| P | 2,2 | 1,7 | 2,7 | 0,289 |
| Q | N/A | N/A | N/A | N/A |
| R | 1,7 | 1,2 | 2,2 | 0,289 |
| S | 1,6 | 1,1 | 2,1 | 0,289 |
| T | 1,6 | 1,1 | 2,1 | 0,289 |
| U | N/A | N/A | N/A | N/A |

Pour l'analyse par question du questionnaire Q1, les réponses des répondants se sont vues attribuer un poids selon le barème suivant : JE NE SAIS PAS = 0; FORTEMENT EN DÉSACCORD = 1; EN DÉSACCORD = 2; NEUTRE = 3; D'ACCORD = 4; FORTEMENT D'ACCORD = 5. La grille utilisée pour effectuer ce type d'analyse est montrée à la figure E.5 de l'annexe E. Ainsi, globalement, les questions 10, 1, 17, 3 et 16 ont obtenu les scores les plus élevés. Pour la grande majorité des participants ayant répondu au questionnaire Q1, ils considéreraient donc la phase de DC comme celle offrant la marge de manœuvre la plus grande pour réduire les coûts de produit. Ils percevraient le DC comme une activité plaisante et ils penseraient que plus de temps et d'effort devraient lui être consentis. Ils jugeraient l'analyse fonctionnelle utile au DC. Enfin, ils croiraient que le DC devrait être valorisé. Ils seraient cependant moins d'avis, selon les réponses aux questions 5, 9 et 2 ayant obtenues les scores inférieurs, que le DC soit plus difficile que la conception détaillée, que la durée de cette dernière soit fortement influencée par le concept et que l'expérience soit plus importante que les outils de conception en DC.

Questionnaire Q2

Les réponses au questionnaire Q2 ont fait l'objet d'une analyse « par participant » et d'une analyse « globale ». Pour l'analyse par participant dans le cas de ce questionnaire, la grille de calcul montrée à la figure E.6 de l'annexe E permet de calculer le poids attribué à chacune des activités de DP présélectionnées, à la suite d'une comparaison par paire effectuées préalablement par le participant répondant. La procédure de calcul consiste à additionner toutes les valeurs numériques (1, 2 ou 3) attachées à une activité identifiée par une lettre. Par exemple, en référant à la figure E.6, le poids de l'activité « F » (Développer des concepts), en examinant la grille, consiste à additionner les valeurs attribués aux « F » apparaissant dans la colonne « F » (F3, F3, F2, F2,F3) et dans la ligne « F » (F3, F2, F3, F1, F1), c.-à-d. $3 + 3 + 2 + 2 + 3 + 3 + 2 + 3 + 1 + 1 = 23$. Le poids de l'activité « Développer des concepts » est donc égale à 23. Il en va de cette façon pour toutes les activités. Une fois les poids calculés pour chacune des activités, le classement est effectué en ordre décroissant.

On s'intéresse particulièrement ici à la position occupée par l'activité « Développer des concepts » dans la hiérarchisation. Plus cette position sera élevée selon les poids attribués aux activités par le participant, plus le nds_{moy} de ce participant le sera également. Le tableau E.1 donne la correspondance entre le niveau hiérarchique de l'activité « Développer des concepts » et le nds_{moy} . Le tableau 5.4 présente les résultats issus de l'analyse du questionnaire Q2 en utilisant $N = 1$ associé à un niveau de confiance de l'instrument jugé moyen.

Pour l'analyse globale (à la manière du questionnaire Q1), la façon de procéder consiste à additionner l'ensemble des poids attribués à chaque activité de chaque participant. La position globale du DC dans la hiérarchisation des activités de DP est ainsi déterminée. Elle donne le portrait d'ensemble de la situation du NDS accordé au DC dans les entreprises E1 et E2. Globalement, le second rang est accordé à l'activité « Développer des concepts » ce qui résulte à un $nds_{moyen,global,Q2} = 2$ selon le tableau E.1. Cette valeur représenterait le NDS accordé globalement au DC par tous les participants réunis, selon les réponses au questionnaire Q2. Fait à noter, le « participant moyen » a donné la première place du classement à l'allocation des ressources financières. Or, l'allocation des ressources financières spécifiquement et, le DC notamment, sont du ressort du gestionnaire de DP. Ce dernier est donc responsable des deux

activités jugées les plus importantes du DP par les participants à la présente recherche. Si un décideur maîtrise autant l'allocation des ressources financières que l'activité de DC, il détiendrait deux leviers puissants pour améliorer le DP. Cette constatation prône l'assertion du rôle primordial du décideur en DC.

Tableau 5.4 nds_{moy} des participants selon l'analyse du questionnaire Q2

| PARTICIPANT | RANG ACCORDÉ AU DC | nds_{mov} | nds_{min} | nds_{max} | s |
|--------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------|
| A | 1 | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 |
| B | 1 | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 |
| C | 6 | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,289 |
| D | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| E | 1 | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 |
| F | 6 | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,289 |
| G | 2 | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| H | 8 | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,289 |
| I | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| J | 2 | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| K | 6 | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,289 |
| L | 6 | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,289 |
| M | 10 | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,289 |
| N | 4 | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| O | 9 | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,289 |
| P | 4 | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| Q | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| R | 2 | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| S | 9 | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,289 |
| T | 12 | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,289 |
| U | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |

Finalement, les résultats issus des analyses globales des entrevues individuelles EI ($nds_{moyen, globale, EI} = 2$), des questionnaires Q1 ($nds_{moyen, globale, Q1} = 1,8$) et Q2 ($nds_{moyen, globale, Q2} = 2$) corroborent au point d'être perçus comme un signe de cohérence.

5.2.6 Résultats d'analyse des entrevues de groupe

Les entrevues de groupe constituent essentiellement les séances de création de sens, objet central de la question de recherche. Afin de contrôler une représentativité augmentant la qualité des données, les groupes ont été formés au hasard de la disponibilité des participants, sans autre critère spécifique. Il faut noter toutefois que les données récoltées lorsque les

répondants sont en groupe, sont plus incertaines [Miles et Huberman, 2003]. En tout, 4 entrevues de cette nature ont eu lieu, impliquant 15 participants. La première source de données provient des derniers 15 minutes de récapitulation qui ont totalisés 30 pages de retranscriptions. En surcroît à ces retranscriptions, une deuxième source de données constituée des observations relatives à ces entrevues de groupe ont été répertoriées dans le JCÉ.

L'analyse des entrevues de groupe consiste essentiellement à reconnaître les indicateurs du tableau D.1 de l'annexe D, dans les retranscriptions du dernier 15 minutes de récapitulation de chacune des entrevues de groupe et dans les observations relatives aux entrevues de groupe notées dans le JCÉ. Ainsi un nds_{moy} est attribué à chacun des participants selon les deux sources de données mentionnées. L'approche utilisée ici est de fait similaire à celle commentée à la section 5.2.4. Les tableaux 5.5 et 5.6 rassemblent, respectivement, les résultats de l'analyse des entrevues de groupe selon les retranscriptions et selon les observations du JCÉ, toujours en utilisant $N = 1$ associé à un niveau de confiance de l'instrument jugé moyen.

Tableau 5.5 nds_{moy} des participants selon l'analyse des retranscriptions des EG

| PARTICIPANT | nds_{moy} | nds_{min} | nds_{max} | s |
|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------|
| A | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 |
| B | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 |
| C | 2,5 | 2 | 3 | 0,289 |
| D | N/A | N/A | N/A | N/A |
| E | N/A | N/A | N/A | N/A |
| F | 2,5 | 2 | 3 | 0,289 |
| G | 2,5 | 2 | 3 | 0,289 |
| H | 2,5 | 2 | 3 | 0,289 |
| I | N/A | N/A | N/A | N/A |
| J | 2,5 | 2 | 3 | 0,289 |
| K | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 |
| L | N/A | N/A | N/A | N/A |
| M | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 |
| N | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 |
| O | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 |
| P | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Q | 2,5 | 2 | 3 | 0,289 |
| R | 2,5 | 2 | 3 | 0,289 |
| S | 2,5 | 2 | 3 | 0,289 |
| T | N/A | N/A | N/A | N/A |
| U | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 |

Également, la présente analyse permet d’identifier les énoncés des participants validant ou invalidant le MSDP et s’il y a lieu, de répertorier d’autres apprentissages ou prises de conscience des participants en réponse au 6^e objectif de recherche.

Le premier groupe interviewé chez E1, formé de « A », « B », « K » et « N », a fait ressortir plusieurs points outre ceux relatifs au DC. Ils ont notamment mentionné l’importance : de l’analyse fonctionnelle qui constituerait une fondation solide selon eux; du partage des connaissances; de l’ingénieur de projet (gestionnaire de DP) étant considéré comme un acteur clé; des prototypes physiques pour fins de validation; des connaissances insuffisantes détenues par les supérieurs à l’égard des outils de conception les rendant moins enclins à encourager leur utilisation.

Tableau 5.6 nds_{moy} des participants selon l’analyse des observations du JCE pour EG

| PARTICIPANT | nds_{moy} | nds_{min} | nds_{max} | s |
|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------|
| A | 2,5 | 2 | 3 | 0,289 |
| B | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| C | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| D | N/A | N/A | N/A | N/A |
| E | N/A | N/A | N/A | N/A |
| F | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| G | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| H | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| I | N/A | N/A | N/A | N/A |
| J | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| K | 2,5 | 2 | 3 | 0,289 |
| L | N/A | N/A | N/A | N/A |
| M | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| N | 2,5 | 2 | 3 | 0,289 |
| O | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| P | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Q | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| R | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| S | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| T | N/A | N/A | N/A | N/A |
| U | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |

Le deuxième groupe formé de « C », « F », « G », « H » et « J », toujours chez E1, désapprouve l’abandon d’anciennes pratiques associés au DC, ce temps qu’on réservait pour le

DC. Ils dénoncent aussi une paperasserie associée aux outils *Six Sigma*⁴¹ ainsi qu'une sorte d'imposition de ces outils. Ils mentionnent l'importance en DC d'impliquer les bonnes personnes représentant le client pour l'approbation des concepts. « J » est particulièrement volubile dans cette rencontre. Il clame une forme de liberté pour concevoir. Il semble exercer une grande influence sur les autres participants par l'espace qu'il occupe dans la discussion et l'écoute attentive qu'il obtient des autres participants, peut-être même au point d'avoir induit un biais en faveur du DC, du moins à « court terme ». Cependant, « F » a conservé son NDS à long terme contrairement à « J » comme il sera mentionné dans la section 5.2.7.

Le troisième groupe rencontré chez E1 n'est composé que de « M » et « O ». Ces participants ont d'abord engagé une discussion sur la génération de concepts effectuée avec le doctorant agissant comme facilitateur, en mentionnant que la méthodologie (la section 5.4 lui est consacrée) avait donné un résultat final intéressant combinant les concepts de plusieurs personnes. Sauf qu'une telle approche ne serait pas toujours nécessaire selon eux, et ce, selon le produit à concevoir. Ils ont par la suite évoqué une difficulté qu'éprouveraient certains techniciens des méthodes avec les concepts car ceux-ci seraient trop abstraits. Par ailleurs, pour « O », le système de décision (bien identifié sur le MSDP) constituerait la clé du succès. Il semble, toujours selon « O », que E1 focaliserait tellement sur l'avancement que parfois, l'organisation ne se poserait pas la question à savoir si elle se dirige dans la bonne direction.

Enfin, le quatrième groupe formé chez E2 cette fois et comprenant « Q », « R », « S » et « U » s'offre une discussion concernant l'utilisation de leur « cartable-Qualité ». Ce cartable réifierait en quelque sorte leur pratique. Le groupe envisagerait donc d'ajouter dans ce cartable, une section demandant la conservation des concepts développés en cours de projet et leurs validations. Le groupe constate aussi leur méconnaissance des outils de conception.

⁴¹ *Six Sigma* réfère ici à la philosophie d'entreprise s'engageant à comprendre et à satisfaire les besoins des clients en analysant et en améliorant les processus d'entreprise [Ginn et Varner, 2004].

5.2.7 Résultats d'analyse du questionnaire final

Au total, 11 participants ont répondu au questionnaire final dont 6 gestionnaires et 5 concepteurs. Leurs réponses ont été compilées dans une grille d'analyse présentée à la figure E.7 de l'annexe E. Cette grille constitue de fait une matrice permettant de mettre en relation les différentes réponses des participants afin d'en faciliter l'analyse globale en permettant de voir le mode d'interaction entre les variables [Miles et Huberman, 2003]. L'analyse du questionnaire final s'est effectuée avec l'aide de la grille d'évaluation se présentant sous la forme du tableau E.2 de l'annexe E. La grille contient une série d'indicateurs propre à chaque question, selon une échelle de NDS. Ainsi, en examinant une réponse et en y reconnaissant un indicateur, il est possible de déterminer un nds_{moy} pour chaque question et pour chaque participant. Les nds_{moy} ainsi déterminés sont présentés dans le tableau 5.7 en utilisant $N = 1$ associé à un niveau de confiance de l'instrument jugé moyen.

Sur les 11 répondants au questionnaire final, 7 participants (E, N, O, P, Q, R et S) ont considéré les activités en amont du DP (Déterminer/Identifier les besoins du client, Transformer ces besoins en concepts) comme les plus imprévisibles et les plus incertaines en termes de résultats par rapport à la transformation des concepts en produits. Hormis le participant « Q » ($NDS = 1,8$), tous ces participants détenaient un $NDS \geq 2$. Un « $NDS = 2$ » pourrait donc représenter une charnière importante pour l'appréciation de la difficulté des activités en amont du DP. À ce niveau, selon l'échelle de NDS établit à la section 5.2.1, l'acteur ne remettrait pas en question ses modèles mentaux.

Il est possible qu'un biais du doctorant se soit produit avec les participants de l'entreprise E2 selon les réponses fournies à la question 5 du questionnaire final. Les participants « Q », « R » et « S » ont tous ciblé « Déterminer/identifier les besoins du client » comme l'activité la plus incertaine et imprévisible en termes de résultats. Or, le doctorant avait justement travaillé avec ces participants lors de son passage dans cette entreprise afin d'aider l'équipe, dans le cadre du projet spécifique mentionné à la section 4.1.2, à la détermination et l'identification des besoins.

Tableau 5.7 nds_{moy} des participants selon l'analyse des réponses au questionnaire finale

| PART. | QUESTION #1 | | | | QUESTION #2 | | | | QUESTION #3 | | | | QUESTION #4 | | | | QUESTION #5 | | | |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------|-------------|-------------|-------------|-------|-------------|-------------|-------------|-------|-------------|-------------|-------------|-------|-------------|-------------|-------------|-------|
| | nds_{moy} | nds_{min} | nds_{max} | s |
| A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| B | N/A | N/A | N/A | N/A |
| C | N/A | N/A | N/A | N/A |
| D | N/A | N/A | N/A | N/A |
| E | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,289 | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 |
| F | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,289 | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,289 |
| G | N/A | N/A | N/A | N/A |
| H | N/A | N/A | N/A | N/A |
| I | N/A | N/A | N/A | N/A |
| J | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,289 | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,289 |
| K | N/A | N/A | N/A | N/A |
| L | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 | 0 | -1 | 0,5 | 0,289 | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,289 | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,289 |
| M | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,289 | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 | 0 | -1 | 0,5 | 0,289 | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,289 |
| N | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 |
| O | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,289 | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| P | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| Q | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 | 0 | -1 | 0,5 | 0,289 | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| R | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 | N/A | N/A | N/A | N/A | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| S | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 | 3 | 2,5 | 3,5 | 0,289 | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 | 2 | 1,5 | 2,5 | 0,289 |
| T | N/A | N/A | N/A | N/A |
| U | N/A | N/A | N/A | N/A |

Globalement, les réponses des participants au questionnaire final révèlent une prise de conscience de l'impact des activités en amont, sur la performance globale du DP et, que plus d'effort devrait y être consacré d'une manière mieux organisée.

5.2.8 Synthèse et analyse globale des résultats de la recherche sur le terrain

Le Tableau 5.8 suivant présente les données brutes émanant des différents instruments de constitution des données expliqués dans les sections précédentes. À partir de ce tableau, les figures 5.5, 5.6 et 5.7 illustrent des graphes à barres horizontales, pour chaque participant, pour chacune des valeurs de NDS moyennes obtenues *initialement* (« 1 » sur l'axe verticale), à *court terme* (« 2 » sur l'axe verticale) et à *long terme* (« 3 » sur l'axe verticale). À chacune de ces valeurs de NDS, une variation de $\pm 0,5$ unité de NDS (avec laquelle les valeurs minimales et maximales sont calculées) est associée afin de tenir compte des erreurs dues à la précision des instruments de mesure et aux variations temporelles intrinsèques du phénomène. L'idée ici est d'apprécier de manière qualitative les incertitudes relatives aux données et montrer une certaine convergence avec les résultats émanant de l'analyse statistique subséquente.

Évidemment, il faut exclure de l'analyse les participants D, I, et T puisqu'ils n'ont pas participé à la séance d'élévation de NDS ni au questionnaire final. Maintenant, en observant les graphes des figures 5.5, 5.6 et 5.7, plusieurs « barres » correspondant aux NDS à court terme (CT) et à long terme (LT) se sont « déplacées » vers la droite et pourraient alors présenter une situation pour laquelle une élévation du NDS se serait produite. Si ce simple critère était utilisé, les participants A, B, C, F, G, H, J, K, M, N, O, Q, R et S auraient vu leur NDS respectif augmenté à court terme et les participants E, F, J, N, P, Q, R, S auraient vu leur NDS respectif augmenté à long terme. La certitude que de telles élévations se soient effectivement produites est cependant extrêmement faible car le pourcentage de chevauchement des barres d'incertitudes est très grand dans plusieurs cas. Si le critère consistait à obtenir un pourcentage de chevauchement de moins de 50 % c.-à-d. une certitude de plus de 50 % qu'une élévation du NDS se soit effectivement produite, les participants F, G, H, J, K, M, N, et Q auraient vu leur NDS respectif augmenté à court terme et les participants F, N, Q, et S auraient vu leur NDS respectif augmenté à long terme. Ces résultats apparaissent plus raisonnables et seront comparés à ceux de l'analyse statistique.

Tableau 5.8 NDS des participants - Données brutes

| PARTICIPANT | NDS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|--------------------|--------------|--------------|--------------|-----|-----|---------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|
| | EI | Q1 | Q2 | JCE | MOY. INITIAL | MIN. INITIAL | MAX. INITIAL | EG | JCE | MOY. CT | MAX. CT | MIN. CT | QF #1 | QF #2 | QF #3 | QF #4 | QF #5 | MOY. LT | MAX. LT | MIN. LT |
| | | | | RO, RC, RE, DA, GC | | | | | EG | | | | | | | | | | | |
| A | 3 | 2,3 | 3 | 2 | 2,575 | 2,075 | 3,075 | 3 | 2,5 | 2,750 | 2,250 | 3,250 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| B | 2 | 2,1 | 3 | 2 | 2,275 | 1,775 | 2,775 | 3 | 2 | 2,500 | 2,000 | 3,000 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| C | 2 | 2,4 | 1 | 2 | 1,850 | 1,350 | 2,350 | 2,5 | 2 | 2,250 | 1,750 | 2,750 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| D | 1 | 1,6 | N/A | N/A | 1,300 | 0,800 | 1,800 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| E | 3 | 1,7 | 3 | 2,5 | 2,550 | 2,050 | 3,050 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 2,600 | 2,100 | 3,100 |
| F | 1 | 1,5 | 1 | N/A | 1,167 | 0,667 | 1,667 | 2,5 | 2 | 2,250 | 1,750 | 2,750 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2,000 | 1,500 | 2,500 |
| G | 1 | 2 | 2 | N/A | 1,667 | 1,167 | 2,167 | 2,5 | 2 | 2,250 | 1,750 | 2,750 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| H | 2 | 2 | 1 | N/A | 1,667 | 1,167 | 2,167 | 2,5 | 2 | 2,250 | 1,750 | 2,750 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| I | 3 | N/A | N/A | 2 | 2,500 | 2,000 | 3,000 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| J | 1 | 1,5 | 2 | 2 | 1,625 | 1,125 | 2,125 | 2,5 | 2 | 2,250 | 1,750 | 2,750 | 3 | 1 | 3 | 2 | 1 | 2,000 | 1,500 | 2,500 |
| K | 2 | 1,6 | 1 | 2,5 | 1,775 | 1,275 | 2,275 | 3 | 2,5 | 2,750 | 2,250 | 3,250 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| L | 2 | 2,8 | 1 | 2,5 | 2,075 | 1,575 | 2,575 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | 2 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1,200 | 0,700 | 1,700 |
| M | 1 | 2,2 | 1 | 2 | 1,550 | 1,050 | 2,050 | 3 | 2 | 2,500 | 2,000 | 3,000 | 1 | 3 | 0 | 2 | 1 | 1,400 | 0,900 | 1,900 |
| N | 2 | 2,5 | 2 | 2,5 | 2,250 | 1,750 | 2,750 | 3 | 2,5 | 2,750 | 2,250 | 3,250 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2,800 | 2,300 | 3,300 |
| O | 3 | 1,8 | 1 | 2,5 | 2,075 | 1,575 | 2,575 | 3 | 2 | 2,500 | 2,000 | 3,000 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2,000 | 1,500 | 2,500 |
| P | 2 | 2,2 | 2 | 3 | 2,300 | 1,800 | 2,800 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2,600 | 2,100 | 3,100 |
| Q | 1 | N/A | N/A | N/A | 1,000 | 0,500 | 1,500 | 2,5 | 2 | 2,250 | 1,750 | 2,750 | 3 | 2 | 0 | 2 | 2 | 1,800 | 1,300 | 2,300 |
| R | 2 | 1,7 | 2 | 1,5 | 1,800 | 1,300 | 2,300 | 2,5 | 2 | 2,250 | 1,750 | 2,750 | 2 | 2 | N/A | 2 | 2 | 2,000 | 1,500 | 2,500 |
| S | 3 | 1,6 | 1 | 2,5 | 2,025 | 1,525 | 2,525 | 2,5 | 2 | 2,250 | 1,750 | 2,750 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2,600 | 2,100 | 3,100 |
| T | 2 | 1,6 | 1 | 1 | 1,400 | 0,900 | 1,900 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| U | 3 | N/A | N/A | 2 | 2,500 | 2,000 | 3,000 | 3 | 2 | 2,500 | 2,000 | 3,000 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |

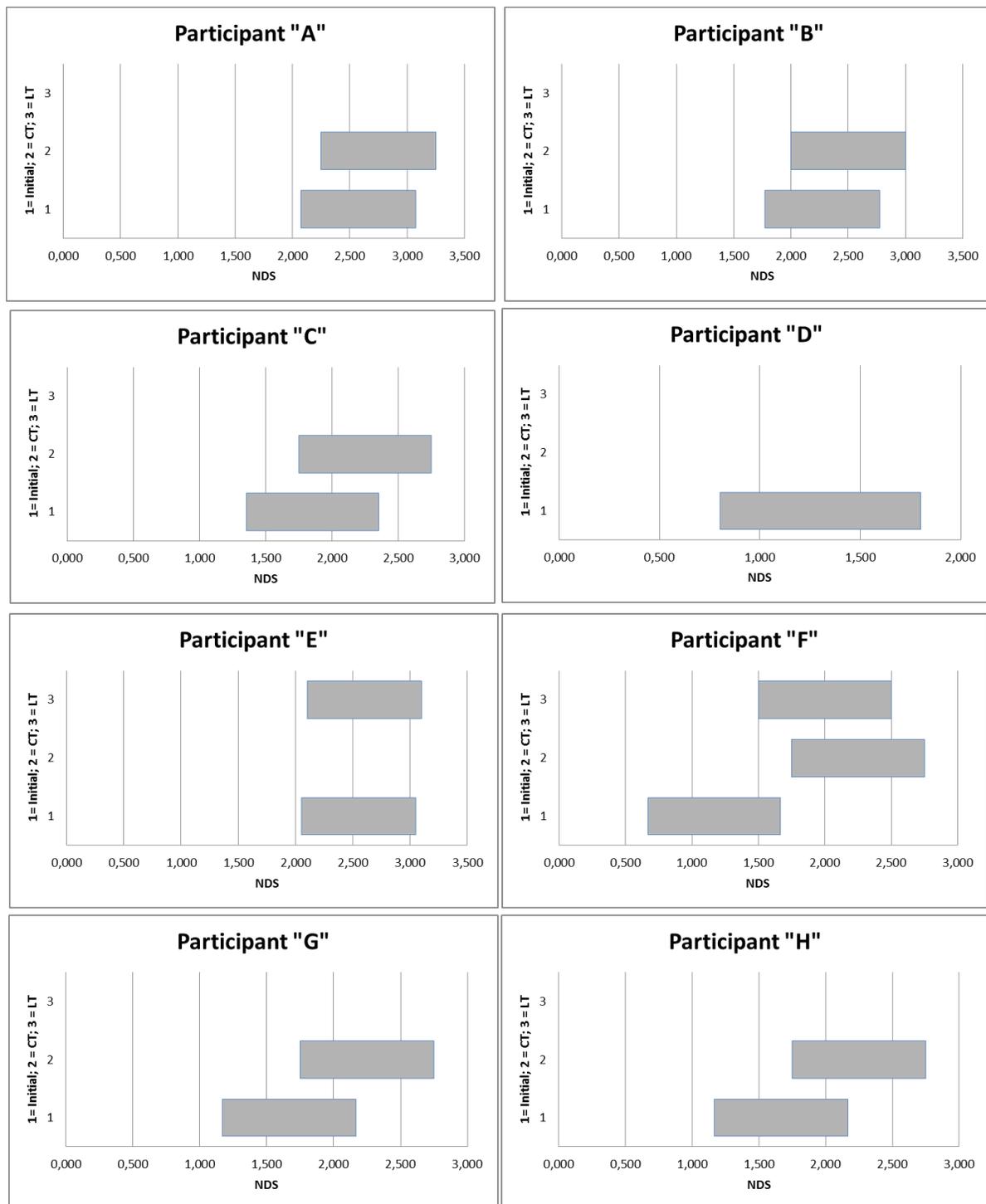


Figure 5.5 Graphes à barres données brutes - NDS des participants A à H

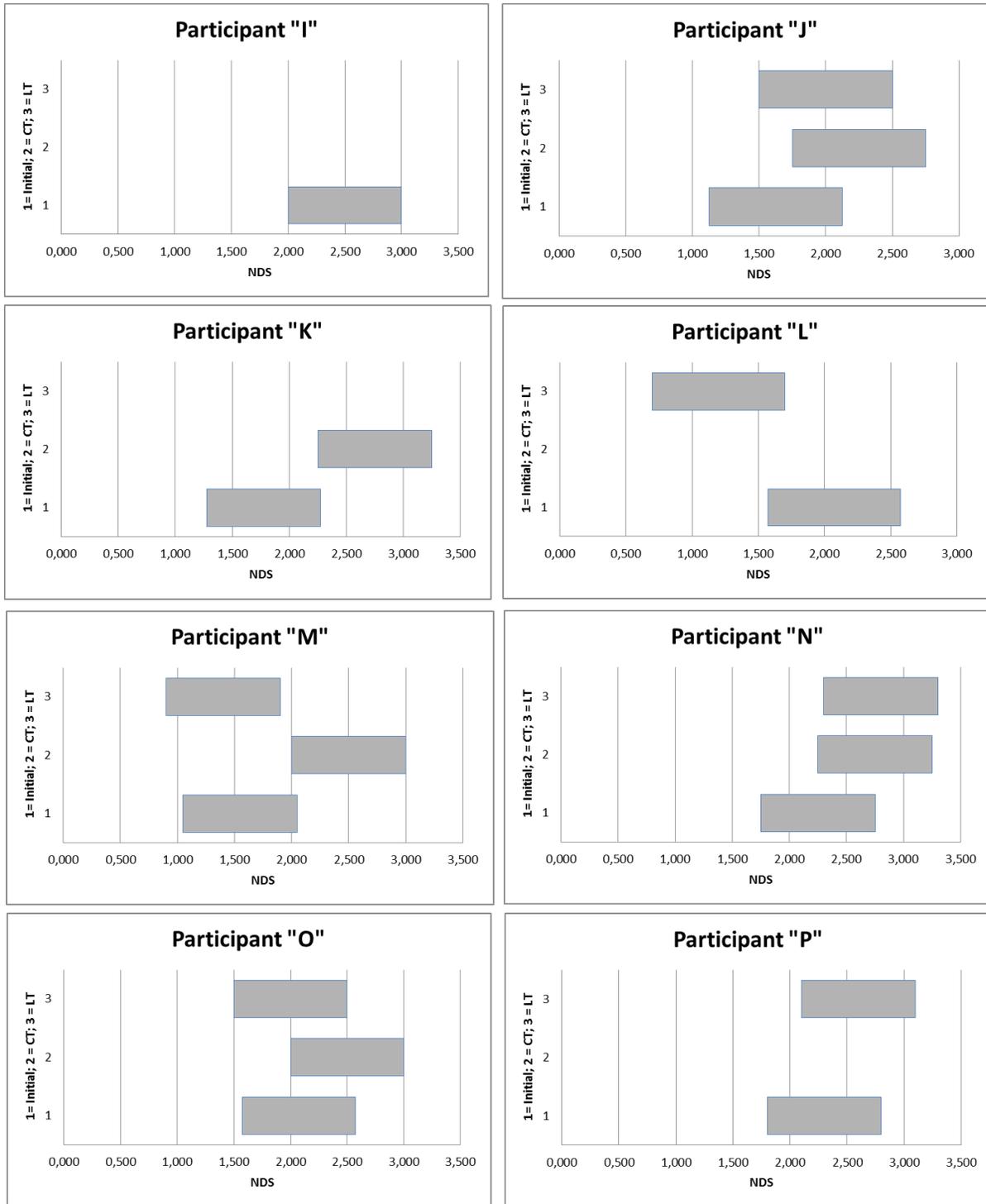


Figure 5.6 Graphes à barres données brutes - NDS des participants I à P

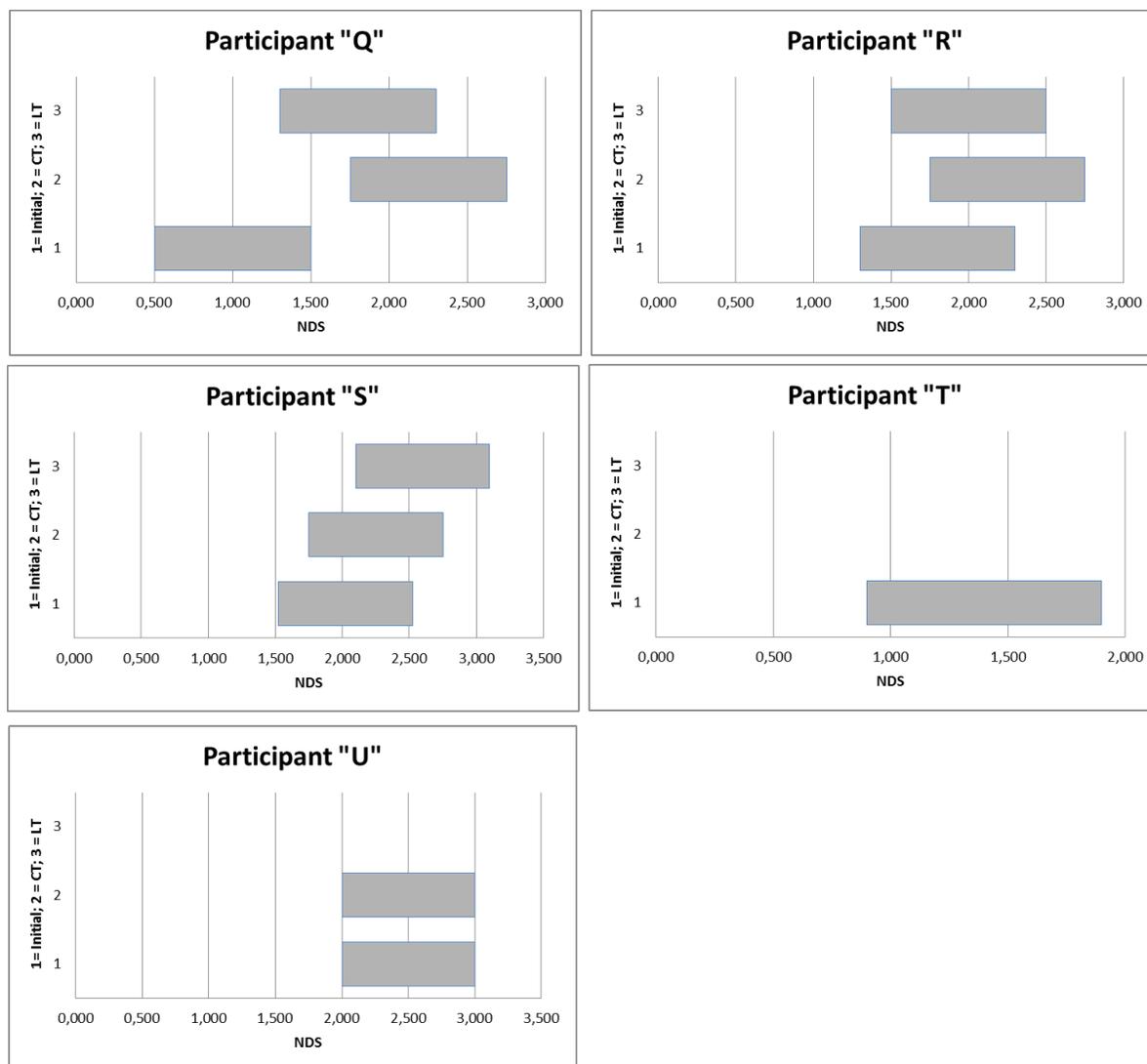


Figure 5.7 Graphes à barres données brutes - NDS des participants Q à U

Le tableau 5.9 suivant englobe toutes les valeurs de $NDS_{i,moy}$, $NDS_{a,CT,moy}$ et $NDS_{a,LT,moy}$ calculées pour chaque participant avec la vérification de la condition témoignant d'une élévation ou non du NDS selon l'approche statistique expliquée à la section 5.2.2.

À la lumière des résultats du tableau 5.9, il est constaté que l'activité d'élévation de sens, nommément l'entrevue de groupe, utilisant le MSDP comme artéfact de réification du DC, s'est avérée efficace statistiquement à court terme, pour 8 participants (« F », « G », « H », « J », « K », « M », « N » et « Q ») sur un total de 15 (6 gestionnaires et 9 concepteurs) ayant

participés à l'exercice, soit une proportion d'un peu plus de 50%. Ces résultats ne contredisent pas ceux obtenus lors de l'analyse qualitative précédente. Une certaine convergence des résultats est ainsi observée entre les deux approches.

Tableau 5.9 Mesure de l'élévation sur une base statistique des NDS des participants

| PARTICIPANT | TYPE | NDS _{i,moy} | NDS _{a,CT,moy} | ÉLÉVATION DU NDS STATISTIQUEMENT SIGNIFICATIF | NDS _{a,LT,moy} | ÉLÉVATION DU NDS STATISTIQUEMENT SIGNIFICATIF |
|-------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------|---|-------------------------|---|
| | G: Gestionnaire C: Concepteur | | | | | |
| A | G | 2,575 | 2,750 | NON | N/A | N/A |
| B | C | 2,275 | 2,500 | NON | N/A | N/A |
| C | C | 1,850 | 2,250 | NON | N/A | N/A |
| D | G | 1,300 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| E | G | 2,550 | N/A | N/A | 2,600 | NON |
| F | C | 1,167 | 2,250 | OUI | 2,000 | OUI |
| G | C | 1,667 | 2,250 | OUI | N/A | N/A |
| H | C | 1,667 | 2,250 | OUI | N/A | N/A |
| I | C | 2,500 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| J | C | 1,625 | 2,250 | OUI | 2,000 | NON |
| K | C | 1,775 | 2,750 | OUI | N/A | N/A |
| L | G | 2,075 | N/A | N/A | 1,200 | NON |
| M | G | 1,550 | 2,500 | OUI | 1,400 | NON |
| N | C | 2,250 | 2,750 | OUI | 2,800 | OUI |
| O | G | 2,075 | 2,500 | NON | 2,000 | NON |
| P | C | 2,300 | N/A | N/A | 2,600 | NON |
| Q | G | 1,000 | 2,250 | OUI | 1,800 | OUI |
| R | C | 1,800 | 2,250 | NON | 2,000 | NON |
| S | G | 2,025 | 2,250 | NON | 2,600 | OUI |
| T | C | 1,400 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| U | G | 2,500 | 2,500 | NON | N/A | N/A |

Il faut noter que ces 8 participants (6 concepteurs et 2 gestionnaires) affichent un profil « d'incrémentaliste » ou de « bâtisseur de consensus ». Tous ces participants sauf « N » détenaient un NDS initial moyen inférieur à 2. Enfin, aucun participant de profil « Chercheur » n'a été influencé significativement par l'entrevue de groupe. Fait à noter, les participants « E », « L » et « P », un groupe témoin, n'ont pas participé à l'entrevue de groupe mais ils ont néanmoins répondu au dernier questionnaire. Or, les résultats montrent que leur NDS respectif est demeuré significativement au même niveau (ou même abaissé dans le cas de « L ») ce qui semble corroborer avec le fait que l'entrevue de groupe contribue à augmenter le NDS.

À long terme toutefois, seulement les acteurs « F », « Q », « S » et « N » ont conservé un NDS supérieur à celui qu'ils détenaient avant l'entrevue de groupe. Ces résultats ne contredisent pas ceux obtenus lors de l'analyse qualitative précédente. Une certaine convergence des résultats est ainsi observée entre les deux approches une fois de plus. Il est intéressant de noter que le NDS de « S » a augmenté. Ces acteurs semblent donc détenir un NDS « plus ancré » à l'égard du DC. Le temps n'aurait pas agi défavorablement sur eux. « F » mentionne d'ailleurs dans le questionnaire final : « Ta recherche a réveillé chez moi un sens plus visionnaire pour le développement de nouveaux produits et je vois toutes les étapes du processus de fabrication et de faisabilité tout de suite au départ dans ma conception du produit [...] Chaque jour la méthodologie et l'approche sont aux premières lignes de front pour tout nouveau concept ». « Q » exprime une prise de conscience sur sa pratique : « Ceci m'a permis de mettre en relief les étapes que nous faisons en grande partie déjà sans le savoir ». Quant à « S », il explique : « Je passe beaucoup plus de temps afin de raffiner les spécifications (idées de concept) avant de faire une offre de service pour mes clients. Depuis, toutes les offres des services que j'ai réalisées, je suis toujours en bas du prix mentionné. Par contre, les délais le sont moins mais pour ma part et pour mon client actuel qui tentons d'anticiper l'avenir du produit, alors les délais sont moins importants ». Finalement, « N » explique : « J'essaie de prendre le temps nécessaire et d'impliquer le plus de gens possible au début pour identifier les meilleurs concepts, avant de plonger dans les étapes suivantes qui vont « geler » le concept. Plus le temps avance, plus il sera difficile de revenir en arrière ». **Ce genre de réponses après plus d'un an sans contact avec le doctorant suggère que ces participants ont changé « durablement » et qu'ils ont amélioré sensiblement leur performance en DC.**

Incidentement, selon les résultats obtenus, le MSDP utilisé à titre d'artéfact de réification du DP dans une activité favorisant la participation des acteurs du DP pourrait donc contribuer à l'élévation du NDS que ces acteurs accordent au DC, et ce, de façon durable pour certains d'entre eux. Cependant l'approche semble modérément efficace du fait que certains acteurs du DP déjà muni d'un NDS au-dessus d'un certain seuil ne seraient que très peu influencés et que l'effet d'élévation serait limité dans le temps pour certains acteurs du DP.

5.3 Validation du MSDP sur le terrain

Les entrevues de groupe ont permis de confronter le MSDP au jugement des participants. Le MSDP se retrouvait effectivement au cœur des discussions à titre d'artéfact de réification, de sorte qu'il était inévitablement susceptible aux critiques et commentaires des participants. Ces critiques et commentaires à l'égard du MSDP reflètent, à un certain degré, jusqu'à quel point les participants se reconnaissent dans le MSDP. Plus cette reconnaissance est élevée, plus le MSDP acquiert une validité. Les paragraphes suivants reprennent essentiellement ces critiques et commentaires formulés par les participants pendant les 4 entrevues de groupe réalisées.

Les participants « A », « B », « K » et « N », le premier groupe, apprécient les « réservoirs » du MSDP en ajoutant que ce serait bien si tous les acteurs adhéraient à cette idée. Ils mentionnent que le MSDP montre le partage de l'information, que tout est relié, que tous les acteurs s'influencent les uns les autres. Pour eux, le MSDP explique des choses qu'ils connaissent intuitivement. Ils considèrent le MSDP comme un bon outil pour convaincre⁴². Ces participants se reconnaissent donc dans le MSDP. Ils confèrent même au MSDP une sorte de « pouvoir de persuasion ». Ils reconnaîtraient ainsi implicitement la capacité du MSDP à élever le NDS, pas nécessairement du DC cependant.

Dans les retranscriptions du dernier 15 minutes de récapitulation des entrevues pour le deuxième groupe, le participant « C » mentionne que « [le MSDP] c'est le gros bon sens pour moi [...] Schématiquement, c'est bien correct... ». Le participant « G » ajoute que le MSDP « Ça montre où on s'enferme pour vrai... ». Le participant « F » poursuit avec « [...] je trouve [que ce sont]... les deux petits dessins... les idées et le DC... C'est bien important. Tu pars de là. Si tu pars mal, ça [ne] va pas bien... ». Le participant « J » explique même que « si ton concept [...] si c'est de la [merde] au début, bien à la fin tu vas fabriquer de la belle [merde] parce qu'avec un bon processus, ça va donner de la [merde] pareille ». Le participant « H » mentionne quant à lui, en examinant le MSDP, que « ça part du plus gros en diminuant ». Il ajoute que le MSDP montre qu'il y aurait plus d'efforts à mettre au début⁴³. Ces participants

⁴² Réf. : lignes 551 et 555 du journal chronologique des événements numérisé.

⁴³ Réf. : lignes 664 et 666 du journal chronologique des événements numérisé.

s'identifieraient donc au MSDP. Ils l'utilisent même pour expliquer à leur manière des problèmes qu'ils ont vus ou vécus en DP.

Les participants « M » et « O » formant le troisième groupe, avouent se reconnaître dans le MSDP. La participant « M » manifeste toutefois une certaine insatisfaction avec l'ampleur du nuage représentant les idées à l'entrée du système de DP (voir la figure D.2 à l'annexe 2). En fait, pour ce participant, les besoins arrivent avant les idées et ces dernières ne devraient pas passer par « l'entonnoir ». Le MSDP de la figure 3.4 (ou 3.5) aurait peut-être mieux répondu aux attentes de « M » à cet égard, puisque les « besoins » y sont identifiés. « M » se demande si le MSDP pourrait être applicable en chimie? Le participant « O » est d'avis que le MSDP s'appliquerait presque intégralement dans beaucoup de choses. Enfin, pour « M » et « O », le système de décision est le filtre: Est-ce que je fais la bonne chose? Est-ce que je fais la bonne affaire?⁴⁴ En somme, hormis l'objection concernant le fait que les besoins arriveraient avant les idées, les participants « M » et « O » adhèrent au MSDP au point de le transposer dans d'autres domaines.

Pour le quatrième groupe formé des participants « Q », « R », « S » et « U », issus de l'entreprise E2 cette fois, le MSDP s'appliquerait plus au domaine « mécanique » qu'au domaine « électrique ». En « électrique », ce serait donc différent par rapport en « mécanique ». Le MSDP représente des choses qu'ils connaissent déjà et il mettrait l'emphase sur le DC. La partie « validation » de conception ne serait pas explicite dans le modèle. Le participant « Q » mentionne d'ajouter les intrants « besoins et contraintes » au modèle. Selon « R », la partie « DC » est moins faite en « électrique ». Le participant « S » avoue que la partie qu'il aime le plus est le DC⁴⁵. Le participant « U » mentionne que le MSDP n'amène pas nécessairement quelque chose de nouveau pour lui. Il est d'accord avec « S » cependant que le MSDP permet de visualiser rapidement quelles sont les étapes qui devraient être suivies en DP et, d'identifier les « zones » pouvant être améliorées. Le MSDP n'a rien amené à « R » à part le fait que le modèle ait provoqué des échanges intéressants. Pour ce participant, le MSDP apparaît évident mais il lui fait prendre conscience que les

⁴⁴ Réf. : lignes 698, 699, 701, 702 et 703 du journal chronologique des événements numérisé.

⁴⁵ Réf. : lignes 766, 768, 770, 771, 773, 775, 813 et 814 du journal chronologique des événements numérisé.

éléments du MSDP devraient transparaitre dans ce qui est livré aux clients. Le MSDP susciterait donc les échanges entre les acteurs du DP et il permettrait des prises de conscience sur les façons de procéder en DP.

L'ensemble des 15 participants aux entrevues de groupe percevraient ainsi le MSDP, à la lumière des rétroactions reçues, comme représentant assez justement leur pratique. **Le MSDP détiendrait donc une validité sur le terrain.** Le MSDP a par ailleurs permis à certains participants d'expliquer des événements du passé, d'identifier des faiblesses du système, d'activer la discussion, de créer des prises de conscience et enfin, d'entrevoir la possibilité d'utiliser le MSDP dans d'autres domaines. Sous la simplicité du MSDP tel que présenté aux participants et malgré cette simplicité, se cacherait un pouvoir de persuasion, celui notamment d'élever le NDS des acteurs envers le DC.

5.4 Expérimentation d'une activité de génération de concepts

En référence à la section 4.3.6, une activité de GC a été organisée et animée par le doctorant chez E1 dans le but d'aider l'équipe de DP à satisfaire son client. Elle s'est avérée signifiante pour la recherche puisqu'elle permettait de mettre en action et d'observer les acteurs du DP. La description de la méthodologie de GC utilisée, ainsi que le déroulement chronologique des événements découlant de l'activité, sont présentés dans l'annexe H.

Manifestement, les participants « C », « E », « K », « N », « O » et « P » ont apprécié l'atelier de GC ou y ont démontré à tout le moins de l'intérêt. Il faut également remarquer que tous les acteurs impliqués dans l'activité de GC se sont mobilisés avec un plaisir affiché. Par ailleurs, plus de 5 concepts de qualité ont été exposés et expliqués par les participants. En comparaison, les revues de conception prévues dans le processus de DP de E1, auxquelles le candidat a pu assister et dans lesquels les concepts sont présentés aux « invités » par le concepteur lui-même, se limitaient à un concept de base (conventionnel ou à améliorer) et un concept « amélioré » et parfois un nouveau concept⁴⁶.

⁴⁶ Réf. : lignes 46 à 117, 120 à 182, 236 à 267 et 272 à 280 du journal chronologique des événements numérisé.

L'atelier de GC a été conçu et organisé par le doctorant en collaboration avec « A » (le décideur), et ce, au bon moment puisque le client a pu être rencontré selon l'échéancier des revues préliminaires de conception (*preliminary design reviews*) qui avait été préalablement établies. Il a été plus difficile pour « A » cependant d'évaluer plus justement la valeur du concept (valeur fixée par le client) qu'il a présenté au client. « A » a en effet essuyé un premier refus de la part du client alors qu'il pensait vendre sans problème le concept sélectionné. « A » rappelait que les arguments étaient réunis et il exprimait sa déception de la réaction du client tout en mentionnant du même coup que le concept aurait beaucoup de potentiel pour un autre contrat⁴⁷. Une nouvelle ronde de GC était donc nécessaire. Cet exemple pratique illustre l'impact de la capacité d'un décideur à évaluer la valeur d'un concept.

Le choix des concepteurs s'est effectué par « A » (le décideur) et le doctorant, sans toutefois imposer la participation, en recherchant des concepteurs d'expérience et de styles différents. De plus, « A » et le doctorant ont agi en « créateur de sens » par l'utilisation d'un langage évocateur (par exemple dans les présentations *Powerpoint*, les courriels d'invitation, les discussions) et des actions cohérentes. Ils ont ainsi interpellé les concepteurs en suscitant leurs désirs de réalisation. Les réactions positives de plusieurs participants en sont le reflet à certains égards.

Ici, une tactique de vérification des résultats a été employée en sollicitant le participant « E » à titre d'informateur, c.-à-d. un acteur vif et observateur du milieu, étant en mesure d'exercer un certain jugement sur les réalités étudiées [Miles et Huberman, 2003]. Le biais relatif à l'effet du chercheur introduit par ce genre de tactique est notamment limité du fait que le participant « E » est bien informé des tenants et aboutissants de la recherche et que le doctorant fait partie de son milieu depuis des années. Le participant « E », un gestionnaire de haut niveau en DP, avait répondu « musique à mes oreilles » lors d'une discussion avec le candidat qui lui mentionnait l'importance de la phase conceptuelle et celle d'utiliser des concepts adéquats⁴⁸. Il s'était montré intéressé par l'activité de GC, mais il n'a pas pu assister à aucune

⁴⁷ Réf. : ligne 501 du journal chronologique des événements numérisé.

⁴⁸ Réf. : ligne 194 du journal chronologique des événements numérisé.

présentation, car il était particulièrement occupé à gérer une décroissance qui allait finalement mettre fin à la recherche du candidat chez E1 tel que mentionné dans la section 5.1.2. Le participant « E » avait néanmoins manifesté le désir d'être tenu informé des résultats de l'activité de génération de concepts⁴⁹. Incidemment, plus de deux années après l'activité de GC, il a été demandé au participant « E » de commenter une assertion du doctorant basée sur une analyse préliminaire des résultats de la recherche empirique effectuée chez E1 et faisant notamment référence à l'activité de GC: *« Il faudrait déployer plus d'efforts dans la GC, car cette activité est en quelque sorte un point « d'amplification » du système de DP. Or, la littérature scientifique appuie ces prétentions de même que la grande majorité des participants à cette recherche. Le hic est que la GC soit perçue en même temps comme une activité pouvant coûter cher et durer trop longtemps dans un contexte d'échéancier très serré. Plusieurs participants ont participé à l'activité de GC organisée par le doctorant et « A » et ils ont mentionné avoir apprécié l'activité et même, qu'elle devrait être répétée pour le développement d'autres produits. Ces participants « aiment » la génération de concepts et ils sont facilement « mobilisables ». C'est donc un « levier » intéressant pour un gestionnaire. Pourquoi ne pas en « profiter » donc? La méthodologie de GC proposée laisse extrêmement libre les concepteurs d'utiliser ou non les outils de conception. Ceci est volontaire! Il ne faut pas rebuter les acteurs avec de tels outils. On peut encourager leur utilisation mais éviter l'imposition. Ils génèrent des concepts de façon individuelle ou en se regroupant en sous équipe, c'est à leur guise. Le seul élément non « négociable », c'est la date de présentation, de confrontation de leurs concepts. Ceci s'inscrit donc dans un contexte d'échéancier serré. Finalement, quand on a en main plusieurs concepts pour un même produit, aussi différents que possible, on augmente la probabilité de trouver un concept de qualité supérieure. Alors, il est pensable que pour certains éléments à concevoir, on aurait intérêt à utiliser une telle approche plutôt que de laisser les concepteurs designer dans leur coin pour ainsi dire. On a tout intérêt à impliquer les concepteurs sur plusieurs produits. Par exemple, au lieu de donner un mois à 4 concepteurs pour concevoir chacun de leur côté le produit sous leur responsabilité, on demande aux 4 concepteurs de produire 1 concept (ou plus) pour chacun des 4 produits. Ainsi par exemple, pendant la 1^{re} semaine, les 4 concepteurs travaillent sur le produit 1, pendant la 2^e semaine sur le produit 2 et ainsi de suite... Globalement, les*

⁴⁹ Réf. : ligne 286 du journal chronologique des événements numérisé.

concepteurs ont pris le même temps pour générer des concepts, mais ils ont bénéficié de la créativité des autres ».

Voici ce que « E » a répondu le même jour : *« Cela m'apparaît faire du sens. Je crois que deux autres éléments peuvent faire la différence dans ce cadre :*

- 1. Favoriser un environnement créatif en minimisant la quantité de conditions, c.-à-d. laisser ouvert le plus possible le champ d'action;*
- 2. Choisir minutieusement les individus afin d'avoir une bonne diversité de styles et perspectives, pour encore une fois favoriser la créativité ».*

En plus de souscrire à l’assertion du doctorant, le participant « E » mentionne deux caractéristiques importantes sur lesquelles repose la méthodologie de GC proposée tel qu’il peut être vérifié à l’annexe H. Remarquablement en toute cohérence, le participant « E » détenait un NDS à l’égard du DC parmi les plus élevés des participants (voir le tableau 5.8).

5.5 Conclusion du chapitre

L’expérimentation sur le terrain s’est effectuée dans deux entreprises de nature différente, mais œuvrant toutes deux en DP. Elle impliquait un groupe de participants représentant une variété de types d’acteur du DP (gestionnaires, concepteurs, ingénieurs, techniciens, hommes, femmes, en mécanique, en électricité, etc.). Il s’agissait d’un échantillonnage qualitatif multi-sites permettant une représentativité théorique en appui à la validité des résultats.

Même si la collecte de données s’est avérée limitée, due aux aléas de recherche sur le terrain, elle a permis d’apporter des réponses à la question de recherche. Ainsi, l’artéfact de réification, prenant la forme d’un modèle systémique de développement de produits (MSDP) utilisé dans une séance de création de sens faisant participer les acteurs du DP, peut conduire à une élévation du NDS que les acteurs accordent au DC. Cependant, les résultats du terrain montrent que l’approche utilisée n’aurait eu d’effet que pour des acteurs dont le NDS initial se situerait sous un certain seuil. La démarche, telle qu’elle a été expérimentée, semble donc modérément efficace et son effet serait de plus limité dans le temps pour certains acteurs du DP. Elle est toutefois perçue perfectible et cela fera l’objet d’une discussion au chapitre 7.

Le MSDP détiendrait une validité sur le terrain puisque l'ensemble des 15 participants aux entrevues de groupe percevraient le MSDP, à la lumière des commentaires reçus, comme représentant assez justement leur pratique.

L'expérience de l'activité de GC s'est avérée révélatrice. Elle a été appréciée par la majorité des participants. Elle a permis de générer plusieurs concepts très différents. Mais elle a surtout permis d'exposer une énergie latente de mobilisation des acteurs du DP de l'entreprise E1 dans la génération de concepts. Sur ce dernier point, elle semble indiquer que les gestionnaires en place présentent des déficiences en DC. Ce que cette expérimentation illustrerait de plus important serait l'extraordinaire pouvoir détenu par les décideurs du DP, la possibilité qu'ils auraient de mobiliser les acteurs du DP dans ce qui est considéré le plus grand levier du DP, le point d'amplification du système de DP, à savoir le DC.

Élever le NDS accordé au DC par les acteurs du DP est certes important, mais il est tout aussi important que cette élévation perdure. Or donc, il est possible que plus d'interventions, durant une plus longue période, permettrait d'obtenir une mesure d'augmentation des NDS plus significative. Les aléas du terrain subis par le doctorant ont limité cette investigation. Cela demeure donc une hypothèse en attendant que des recherches ultérieures puissent le confirmer ou l'infirmier.

Le prochain chapitre se consacre à la modélisation systémique du DC et à sa simulation sur ordinateur. Dans le prolongement de la recherche effectuée sur le terrain, il est proposé d'explorer le phénomène sur ses comportements à l'échelle de plusieurs années, car c'est de cet ordre de durée que les effets des améliorations du système de DP se manifesteraient comme il en sera discuté. Par ailleurs, il est pressenti qu'un simulateur de DC pourrait potentiellement agir de manière plus efficace que le MSDP à l'élévation du NDS de certains acteurs du DP, notamment les décideurs.

CHAPITRE 6

SIMULATEURS DU DÉVELOPPEMENT DE CONCEPTS COMME LEVIER D'ENGAGEMENT

Ce chapitre se concentre sur la portion du MSDP qui a été identifiée comme un lieu d'amplification (ou d'inhibition) du système de développement de produits. L'analyse du MSDP effectuée précédemment a en effet permis de faire apparaître un « point sensible » de ce système complexe [de Rosnay, 1975]. Il s'agit d'un sous-système du DP: le système de développement de concepts (DC). Suivant une perspective à plus long terme par rapport à ce que la recherche sur le terrain a permis d'observer, l'idée générale de ce chapitre s'inscrit dans une meilleure compréhension des mécanismes menant les acteurs du système à ne pas reconnaître comme si important le DC, en lien avec le premier objectif de recherche et, dans une étude plus approfondie du DP relative au troisième objectif de recherche. Elle consiste à une première tentative de représentation du comportement dynamique du DC, s'intéressant à ce qui pourrait se produire sur une grande période de temps, dans un horizon de plusieurs années. Il est possible de surcroît que de tels simulateurs puissent agir comme levier d'engagement et contribuer plus efficacement à l'élévation du NDS accordé au DC de certains acteurs du DP et notamment les décideurs.

Au fil des sections suivantes, un modèle systémique de développement de concepts (MSDC) sera d'abord exposé en montrant son appartenance au MSDP. Sa composition et son niveau de granularité permettront la construction de modèles mathématiques plausibles, reposant sur les théories exposées précédemment dans la thèse et utiles à la simulation sur ordinateur. Il s'agit en fait de *jouer* avec les modèles [Moles, 1995]. L'emphase sera mise sur une évaluation qualitative reposant sur des échelles arbitraires créées dans l'esprit selon un principe directeur de la méthodologie des sciences de l'imprécis [Moles, 1995]. De Rosney explique que « l'apport de l'ordinateur se situe à un niveau qualitatif. Traitant des millions de données dans une fraction infime de temps, il révèle des structures, des modalités, des tendances auparavant inobservables et résultant de la dynamique propre du système » [de Rosney, 1975]. Les résultats des diverses simulations conduiront à un éclairage nouveau faisant lumière sur des

comportements potentiels du système à long terme et nuanciant les résultats obtenus sur le terrain. Dès lors, plusieurs critiques pourraient être portées à l'égard des modèles et des simulations présentés. On pourrait reprocher au modélisateur d'avoir truquer les paramètres et les hypothèses dans le but d'obtenir des résultats préétablis. C'est le genre de débat qui se fait couramment quand des modèles de simulation sont construits pour résoudre un litige entre deux parties par exemple [Sterman, 2000]. Les modèles mathématiques développés s'appuient sur le principe des équations symboliques : « les relations entre les grandeurs sont plus nettes dans l'esprit que les grandeurs elles-mêmes » [Moles, 1995]. Ils ne sont évidemment pas exactes, reposant sur des notions vagues et voulant montrer des relations possibles entre ces notions, mais ils détiennent cependant un niveau de présomption jugé suffisant pour les fins d'un exercice exploratoire du fait qu'ils sont issues de théories et principes reconnus dans la littérature et qu'ils en constituent une sorte de combinaison plausible. Sur la véracité des modèles, Sterman explique : *“No models are valid or verifiable in the sense of establishing their truth. The question facing clients and modelers is never whether a model is true but whether it is useful. The choice is never whether to use a model. The only choice is which model to use. Selecting the most appropriate model is always a value judgment to be made by reference to the purpose. Without a clear understanding of the purpose for which the model is to be used, it is impossible to determine whether you should use it as a basis for action”* [Sterman, 2000]. Les résultats de simulation veulent montrer des tendances, des comportements ou des réactions potentielles du système de DC soumis à des perturbations internes ou externes. Il s'agit de propositions de nouveaux construits, de nouvelles hypothèses, dans le but de mieux comprendre un phénomène méconnu, qui pourront être mis à l'épreuve éventuellement [Cossette, 2016] par une expérimentation sur le terrain.

La simulation semble être un outil sous exploité dans les recherches effectuées en DP bien qu'elle apparaisse fort utile. Ce serait aussi le cas dans la recherche en sciences de gestion selon Arena et Bérard : « Si la simulation est une méthode de recherche de moins en moins obscure en sciences de gestion, son utilisation n'en demeure pas moins peu fréquente malgré son fort potentiel [...] En définitive, qu'il s'agisse d'un outil pour le chercheur ou pour l'acteur, les données artificielles créées par la simulation permettent de dépasser les limites

générées par la simple observation de l'existant pour appréhender le système complexe étudié »[Arena et Bérard, 2011].

À la recherche d'éléments clés menant à une performance accrue du système de DC, un certain nombre de conditions apparaissant favorables seront mis en exergue au terme du chapitre. Les conclusions, bien que recevables, sont toutefois de portée réduite car l'exercice demeure exploratoire de nature. La recherche exploratoire appert de fait comme un moyen pour produire des connaissances à l'égard de phénomènes inexplorés [Trudel *et al.*, 2007]. La plus grande valeur de ce chapitre se situe à l'égard de l'identification de plusieurs pistes potentielles pour de futures recherches, basée sur une synthèse des notions exposées. Ces futures recherches seraient ainsi délimitées, facilitant de fait le choix des méthodes de collecte de données plus appropriées en vue d'une meilleure description et explicitation du phénomène [Trudel *et al.*, 2007]. Van der Maren précise : « La modélisation et la simulation constituent donc des outils très puissants d'exploration, de préparation, de choix et de décision avant l'action. [...] Bien des erreurs seraient évitées si l'on disposait du temps nécessaire pour faire des simulations exploratoires » [Van der Maren, 1996]. Il ajoute de plus : « Implicitement, la plupart des individus font de la simulation élémentaire sans le savoir. Ainsi, lorsqu'un enseignant évalue mentalement l'effet de certaines interventions qu'il projette de faire à l'égard d'un de ses élèves difficiles, il a en tête un modèle de l'interaction entre cet élève et lui-même [...]. Ce modèle, plus ou moins raffiné, lui permet de construire les différents scénarios correspondant aux interventions possibles, c'est-à-dire de simuler les interventions projetées, leurs effets sur l'élève, les réactions de ce dernier et sa propre capacité de répondre aux gestes de l'élève. Mais de telles simulations mentales, si elles sont très utiles pour leur auteur, ne sont pas communicables [...]. Le recours explicite à la modélisation et aux simulations que l'on traduit de manière communicable [...] permet de discuter avec des collègues, avec des chercheurs ou avec des utilisateurs potentiels [...] » [Van der Maren, 1996].

6.1 Le système de développement de concepts (DC)

Le système de développement de concepts débute à la détermination des besoins du marché (besoins des clients) et se termine une fois que le concept est sélectionné et jugé mûr à passer

aux processeurs subséquents du MSDP. La figure 6.1 présente un modèle systémique de développement de concepts (MSDC) simplement construit en extrayant du MSDP les « atomes » et leurs interrelations utiles pour l'exercice en cours, selon les préceptes de pertinence et d'agrégation de la systémique. Cependant, quelques éléments sont maintenant plus spécifiques. Ainsi, les deux catégories d'acteurs signalées dans la section 2.6.4, y sont identifiées, soit les concepteurs et le gestionnaire de DP (ce dernier type d'acteur pourra également être appelé le « décideur » ou le « chef d'équipe »). Il faut remarquer que même les équipes travaillant selon l'approche « projet » favorisant la collaboration, peuvent se munir d'une hiérarchie temporaire [Martin, 2009] au sein desquels on pourra identifier les deux types d'acteurs. Ces derniers, une fois regroupés, forment l'équipe de DC, celle-ci étant considérée par certains chercheurs comme « l'unité de création de concepts », une forme d'organisation répandue dans l'industrie [Keinonen *et al.*, 2006].

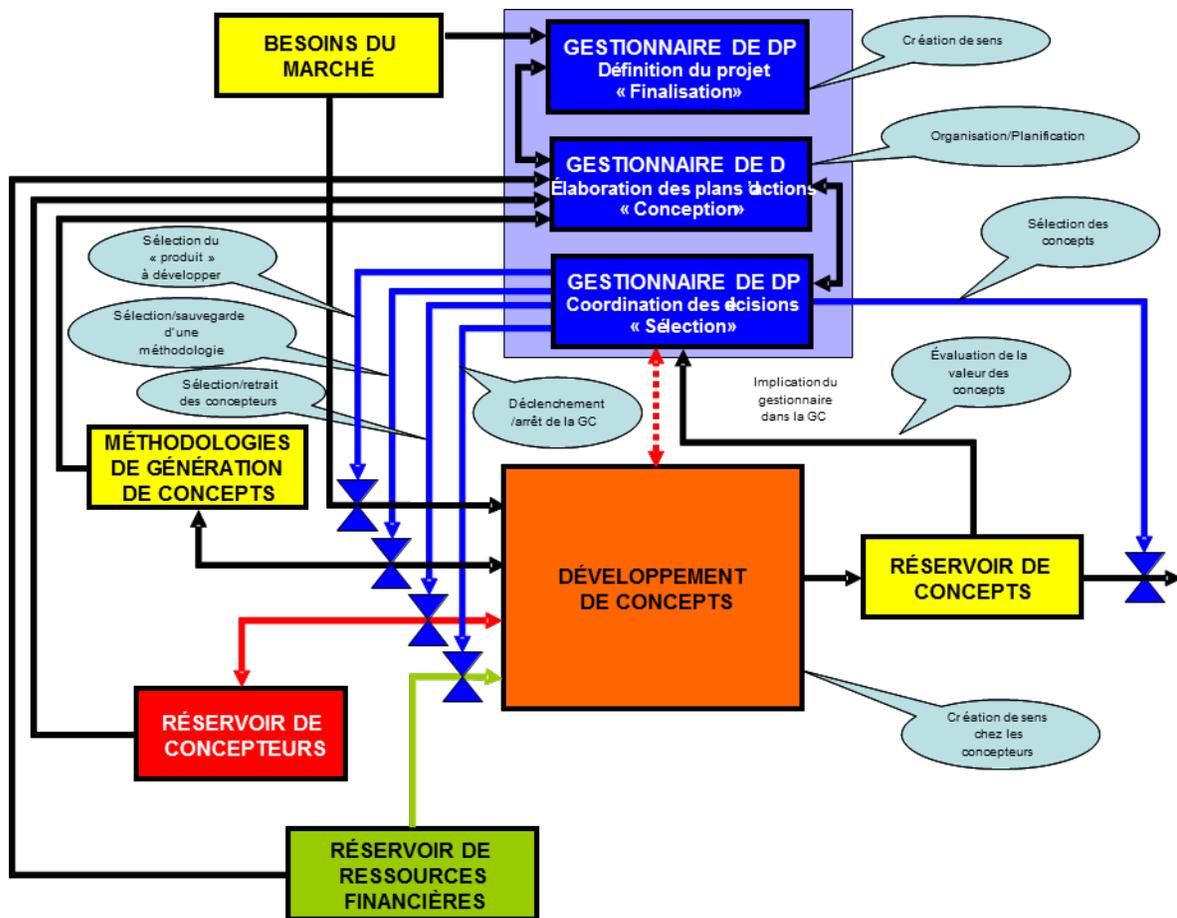


Figure 6.1 Modèle systémique du développement de concepts

Faisant référence à la figure 6.1, une des tâches principales des concepteurs reflétée dans le MSDC est évidemment de développer des concepts dans le but de remplir le réservoir de concepts. Quant au gestionnaire de DP, un de ses rôles clés consiste à produire les conditions favorables (organisation adéquate), à créer une ambiance inspirante, et à générer la motivation (création de sens) en menant adéquatement le processus de DC [Keinonen *et al.*, 2006]. Ce rôle crucial du gestionnaire de DP figure aussi dans les segments décisionnels du MSDC.

À la lecture de la carte du MSDC présenté dans la figure 6.1, le gestionnaire de DP définit d'abord le projet de développement de produits et sa finalité en considérant les besoins du marché. C'est une étape importante de création de sens dans le processus car c'est en partie de cette définition de produit que les acteurs devraient accorder initialement un NDS suffisant au DC pour performer comme mentionner à la section 5.2.2. Cela relève des tâches assignées au gestionnaire [Deming, 1994]. Le gestionnaire de DP peut donc être vu comme un créateur potentiel de sens (voir la section 2.6.4).

Le gestionnaire élaborera ensuite un plan d'action et concevra une organisation garante du DC, c.-à-d. une équipe de DC. De la conception de l'organisation émaneront les critères de sélections (sélection des concepteurs et des concepts notamment), les principes décisionnels et de coordination des décisions du gestionnaire. Le gestionnaire de DP est ainsi perçu comme un concepteur d'organisations. Cette dernière fonction du management, combien importante, serait d'ailleurs lacunaire chez plusieurs gestionnaires [Sterman, 2000]. En fait, selon Shaw, construire une équipe de DP constitue un problème de conception au même titre que la construction du produit lui-même. Le gestionnaire de DP pourrait donc être perçu comme le canal connectant le côté science et génie de l'organisation aux aspects de la gestion classique des affaires [Shaw, 2005].

Le gestionnaire de DP serait essentiellement appelé à prendre cinq grands types de décisions en DC. Il devrait d'abord faire le choix du produit à développer selon les besoins du marché (la nature du produit, la délimitation de ses frontières, de son envergure). D'ailleurs selon Zhao, un style idéal de management dans un contexte de R&D collaborative demanderait au gestionnaire de s'ouvrir, de supporter et d'encourager le développement de l'innovation en

identifiant au bon moment les nouveaux besoins des clients, les nouveaux utilisateurs, les nouveaux marchés, en assimilant rapidement les données de toutes sources [Zhao, 2001]. Pour Young, l'identification du client, la confirmation des besoins et des attentes et l'identification des utilisateurs finaux feraient partie des actions clés du leadership des gestionnaires de projet [Young, 2007]. À noter que le gestionnaire de projet pourrait recevoir une commande de produit de la haute direction mais qu'à son tour, il aurait à « l'imposer », d'une certaine manière, aux concepteurs éventuellement.

Le gestionnaire de DP devrait aussi sélectionner les méthodologies de génération de concepts ou à tout le moins, s'assurer que le DC s'exécute convenablement en atteignant un consensus d'équipe sur un rapport correct d'outils et de bonnes pratiques à déployer [Creveling *et al.*, 2003].

Par ailleurs, la sélection ou le retrait des concepteurs constitue une décision relevant du gestionnaire de DP. Il détient en effet cette tâche de choisir les personnes qui combleront les rôles clés de création [Crawford, 1983]. Parfois cependant, ce choix pourrait être limité faute de ressources compétentes disponibles. Le gestionnaire de DP détient par contre, comme tout gestionnaire, une certaine influence, voire un pouvoir pour favoriser le développement des compétences de ses subordonnés, en l'occurrence ses concepteurs, pour recruter de nouvelles ressources ou pour s'en départir.

Également, le gestionnaire de DP déciderait le moment du déclenchement ou de l'arrêt du DC selon les ressources financières allouées, les échéanciers et les objectifs du projet. À cet égard, il devrait consentir le temps nécessaire et les ressources suffisantes pour que les concepteurs mettent en œuvre les outils méthodologiques correctement [Creveling *et al.*, 2003].

Finalement, le gestionnaire de DP de par son imputabilité devrait sélectionner les concepts, ou entériner les propositions de concepts des concepteurs le cas échéant, qui mériteraient de passer à la phase subséquente du processus de DP. Même s'il détient le dernier mot sur la sélection des concepts, le gestionnaire de DP devrait mettre à profit l'apport de toute l'équipe pour la sélection et le raffinement des concepts, car cela serait mieux accompli collectivement

[Pugh, 1991]. À noter que tous les concepts développés, qu'ils soient sélectionnés ou non par le décideur, se retrouvent dans le réservoir de concepts (ce réservoir peut correspondre à la mémoire des individus, à des répertoires informatiques, à des croquis papier, etc.).

Les diverses décisions du gestionnaire de DP sont symbolisées par des « valves » dans le MSDC présenté à la figure 6.1. Évidemment, le gestionnaire de DP pourrait avoir recours à l'assistance des autres acteurs, dans un esprit de coopération, pour l'aider à faire les bons choix ou à prendre les bonnes décisions mais, indéniablement, il demeurerait imputable des résultats du DC selon le *concept de responsabilité* d'une organisation bien structurée [Bergeron, 1986]. Selon Young, le gestionnaire est tenu imputable de l'utilisation effective de l'autorité (et de son utilisation abusive!) qui lui a été consentie par délégation. Sans autorité, il n'y a pas d'imputabilité [Young, 2007]. Deming attribuait par ailleurs le déclin économique, au début des années quatre-vingt-dix, au style de management prévalant [Deming, 1994]. Il proposait une nouvelle philosophie de gestion des individus reposant notamment sur la pensée systémique et la coopération en opposition à la compétition entre les individus. Le travail du gestionnaire, selon Deming, consisterait à diriger les efforts de toutes les composantes vers l'atteinte de la finalité du système [Deming, 1994]. Il s'agirait d'aligner les efforts des individus vers une direction commune, résultant à une harmonisation des énergies individuelles, à une synergie d'équipe [Senge, 2006; Keifer et Stroh, 1984].

L'ensemble des décisions du gestionnaire de DP reposerait certes sur son expérience, ses compétences, ses capacités intellectuelles mais aussi sur les informations, les connaissances et les apprentissages qu'il acquiert sur le marché, les méthodologies de GC, les concepteurs, les ressources financières disponibles et la valeur des concepts existants et nouvellement développés. Ces acquisitions de connaissances sont représentées dans le MSDC par des flèches entrant dans le sous-système décisionnel. Elles seraient importantes puisque d'après Joiner, le manager performant apprendrait vite et améliorerait rapidement l'organisation dans lequel il œuvre et qu'il assimilerait à un système [Joiner, 1994].

Le gestionnaire de DP pourrait aussi s'impliquer dans la génération de concepts selon les situations ou les besoins du moment. Cela est symbolisé par une flèche bidirectionnelle en ligne pointillée dans le MSDC montré à la figure 6.1.

Dans de nombreuses entreprises, le gestionnaire de DP recevra des mandats de développement de produits émanant de la direction de l'entreprise. Dans la présente modélisation, cet élément du DP est considéré externe au système à l'étude. En fait, tel que mentionné précédemment, le gestionnaire de DP aura à transférer le mandat aux concepteurs.

En somme, le gestionnaire de DP semble être imputable du succès du DC, lequel est mesuré par la valeur du concept retenu pour franchir les étapes subséquentes du DP, et ce succès repose sur un ensemble de décisions qui permettraient essentiellement d'organiser le DC et de lui donner du sens de façon suffisante en utilisant efficacement, selon l'échéancier, les ressources disponibles : les concepteurs, les connaissances et l'enveloppe budgétaire.

6.2 Simulation du modèle systémique du développement de concepts (MSDC) par la méthode de Monte Carlo

En lien avec le troisième objectif de recherche visant notamment l'étude théorique du MSDP, un certain nombre de questions est posé : Quelle est l'influence de la performance du gestionnaire de DP sur la performance globale du DC? Quelle est l'influence de la performance des concepteurs sur la performance globale du DC? Est-ce que la performance des concepteurs prime sur celle du gestionnaire du DP ou vice versa? Combien de concepteurs devraient être impliqués en DC et combien de concepts devrait-on exiger pour obtenir un résultat concluant? Quel est l'effet des variations de performances des acteurs du DC? Pour tenter de répondre à ces questions, les résultats de simulations de Monte Carlo seront utilisés. Ici, la performance des acteurs du DP sera présupposée sans s'intéresser pour le moment aux facteurs *internes* (notamment le NDS et les capacités cognitives) pouvant influencer cette performance. Seuls les facteurs *externes* seront considérés (par exemple, la performance des concepteurs et des décideurs, le nombre de concepteurs, le nombre de passes de génération de concepts, etc). Le DC est donc étudié *extérieurement* pour ainsi dire.

6.2.1 Description de la méthode de Monte Carlo

L'algorithme de Monte Carlo est employé dans plusieurs branches des sciences quand les quantités sont difficiles à calculer exactement [Russel et Norvig, 2010]. C'est une méthode issue de la théorie des jeux « [s'appuyant] sur une manipulation de l'aléatoire dans le choix des grandeurs d'entrée pour explorer l'univers de fonctionnement du modèle » [Moles, 1995]. Dans la situation en cause ici, la performance décisionnelle d'un gestionnaire de DP ou la performance de conception d'un concepteur correspondent davantage à des valeurs probabilistes, des valeurs inexacts par définition. Ainsi on dira que tel gestionnaire de DP a plus de probabilité de prendre une bonne décision ou qu'il est plus probable d'obtenir un bon concept d'un tel concepteur.

La simulation de Monte Carlo repose avant tout sur un modèle mathématique se présentant sous la forme d'une fonction de transfert (équation mettant en relation des variables d'entrée, appelées aussi des signaux, à des variables de sorties, appelées aussi des réponses) dont certaines (ou toutes les) variables d'entrée sont aléatoires. Ces variables aléatoires sont décrites par une distribution de probabilité elle-même déterminée par le modélisateur se basant sur son expérience, son intuition, son *best guess*, sur des données relatives au phénomène étudié ou en se référant à la littérature scientifique. Toutefois, la détermination des distributions de probabilité n'est pas une tâche facile généralement [Monahan, 2000]. Le simulateur de Monte Carlo génère séquentiellement une grande quantité de valeurs pseudo aléatoires pour chacune des variables d'entrée selon leur distribution de probabilité respective. À chaque itération, le simulateur calcule la valeur des variables de sortie au moyen des valeurs d'entrée et de la fonction de transfert. Le simulateur construit ainsi une distribution de probabilité, itération après itération, pour chacune des variables de sortie [Werckman *et al.*, 2001; Creveling *et al.*, 2003]. De cette manière, il devient possible d'évaluer la probabilité d'obtenir un certain résultat, à l'intérieur d'une gamme de valeurs désirées, pour chacune des variables de sortie. Il est également possible de définir des variables de sortie, associées à différents scénarios, cumulant des valeurs issues de chacune des itérations et pour lesquelles les résultats totaux se prêtent à la comparaison. Cette dernière approche sera utilisée pour les simulations par la méthode de Monte Carlo effectuées dans la présente thèse.

6.2.2 Modèles mathématiques statistiques

L'idée ici consiste à simuler le développement de concepts en utilisant des modèles de performance de génération de concepts pour les concepteurs, des modèles de performance de sélection de concepts ou de concepteurs pour le décideur (gestionnaire de DP), et des modèles de règles décisionnelles émulant le système de décision. Les meilleurs concepteurs auraient plus tendance à créer de bons concepts et les meilleurs décideurs à prendre de bonnes décisions. Par contre, en toute vraisemblance, ces acteurs peuvent de temps à autre offrir des contres performances, de là la pertinence de l'emploi de distributions de probabilité.

Les modèles mathématiques statistiques développés dans la présente section reposent sur le sens commun et quelques hypothèses plausibles, mais ils peuvent néanmoins s'avérer de bons prédicateurs de résultats significatifs selon des résultats de recherche en psychologie cognitive, et ce, malgré leur apparente simplicité. En effet, selon Kahneman, de tels modèles sont souvent assez bons pour surpasser le jugement d'experts dans divers domaines. Cela s'expliquerait, entre autres, par le fait que les experts utilisent des combinaisons complexes de caractéristiques mais que plus souvent qu'autrement, cette complexité réduit la validité. Une autre raison est reliée à l'incorrigible inconsistance des êtres humains dans le jugement sommaire de l'information complexe. Quand on leur demande d'évaluer la même information deux fois, ils répondent fréquemment de façon différente [Kahneman, 2011]. D'ailleurs, lors de la recherche sur le terrain, le participant « O » avait utilisé l'expression « état du moment » pour signifier sensiblement la même chose quand il fut appelé à répondre aux questionnaires Q1 et Q2 (voir la section E.1 de l'annexe E).

La performance d'un concepteur serait relative à son habileté à générer des concepts de plus grande valeur. Il est assumé ainsi que plus un concepteur est performant, plus il serait enclin à créer des concepts de plus grande valeur. De la même manière, il est assumé que la performance d'un décideur concernerait sa capacité à détecter les concepteurs les plus performants et à discerner les concepts de plus grande valeur.

Pour se faire, il est à propos de définir ce qu'est la « valeur » ou plus précisément la « valeur brute » et la « valeur nette » d'un concept dans le présent contexte, puisque les diverses

décisions effectuées dans le simulateur s'y référeront. La valeur brute d'un concept correspondra à une valeur monétaire sans tenir compte des coûts liés à sa génération. La valeur nette est évaluée avec l'équation 6.1.

$$\text{Valeur nette} = \text{Valeur brute} - \text{Coût de la GC} \quad (6.1)$$

Ici, on fait l'hypothèse que les concepts sont « vendus » à leur valeur brute à un « client » en situation de non concurrence. L'idée est donc de maximiser la valeur nette des concepts, en maximisant la valeur brute tout en minimisant les coûts de la GC.

Comme toute chose, produits inclus, repose sur un *concept* [Schön, 1963] (voir la section 2.3.3), celui-ci n'étant qu'un état de représentation du produit, un artefact de celui-ci, ou un objet intermédiaire de la conception [Scaravetti, 2004], la valeur d'un concept est donc étroitement liée à la valeur du produit. Cependant, étant donné un certain degré d'imprécision du concept, sa nature plutôt floue, il serait plus ardu d'en reconnaître la valeur. Incidemment, comme un concept constitue en quelque sorte l'embryon d'un produit de qualité, performant, réalisé à temps et au juste prix pour répondre aux besoins du client, un produit de grande valeur correspondrait donc à un concept de grande valeur.

Essentiellement, le simulateur effectue les tâches suivantes : le décideur choisi d'abord les concepteurs qui participeront au développement de concepts selon son habileté à reconnaître les meilleurs candidats, c.-à-d. selon sa performance de sélection. Une fois les concepteurs sélectionnés, il déclenche la génération de concepts. Lorsque les concepts sont générés, le décideur sélectionne le concept dont la valeur brute est la plus élevée et pour lequel cette valeur brute doit correspondre ou dépasser le seuil de valeur qu'il s'est fixé. Par hypothèse, pour un décideur plus performant, la probabilité est plus grande que ce seuil soit plus élevé. Ainsi, le décideur aurait plus de chance de détecter les concepts de plus grande valeur. Si la valeur des concepts créés par les concepteurs se situe sous le seuil fixé, le décideur déclenchera une autre séance de génération de concept. Si la valeur des concepts est encore insatisfaisante, le décideur déclenchera une nouvelle séance de génération de concepts et ainsi de suite. Pour chacun des concepts retenus (c.-à-d. le concept ayant obtenu la valeur maximum

parmi tous ceux créés par tous les concepteurs et les passes de génération de concepts considérées), un calcul de sa valeur nette est effectué en retranchant de sa valeur brute (c.-à-d. la valeur du concept créé par le concepteur), les coûts de la génération de concepts. Ces coûts seront proportionnels au nombre de concepteurs et au nombre de séances de génération de concepts. De plus, le coût de la génération de concepts sera supérieur si la génération de concept n'est pas budgétée. Par exemple, s'il est prévu à l'avance d'effectuer deux passes de génération de concepts et qu'une troisième passe est déclenchée, on dira de cette passe qu'elle n'a pas été budgétée. Cette manœuvre permet d'évaluer d'une certaine manière, l'impact budgétaire d'une forme « d'abus du DC » dans l'obsession du décideur d'obtenir un concept de grande valeur sans égard, ou du moins très peu, aux coûts de développement.

Les concepteurs sont caractérisés par leur performance à générer des concepts d'une certaine valeur. Ainsi, comme il a été mentionné auparavant, plus un concepteur est performant, plus la probabilité qu'il crée des concepts de plus grande valeur est élevée. La figure I.1 de l'annexe I, regroupe les distributions de probabilité utilisées dans le simulateur pour qualifier 5 types de concepteurs, du plus performant au moins performant. À noter que le choix des distributions de probabilité est quelque peu arbitraire. En effet, d'autres distributions de probabilité pourraient être utilisées. Néanmoins, pour les besoins du présent exercice, les distributions de probabilité sélectionnées par le modélisateur permettent de qualifier les différents types de concepteurs d'une façon jugée satisfaisante.

La figure I.2 de l'annexe I, présente 5 distributions de probabilité concernant la performance de sélection des concepteurs par des décideurs du meilleur au moins performant. Les distributions de probabilité sont encore ici quelque peu arbitraires mais ce qui compte dans les circonstances, c'est la possibilité de ségréger les décideurs vis-à-vis leur performance de sélection des concepteurs.

Le seuil acceptable pour la valeur d'un concept, afin qu'un décideur le sélectionne, est aussi représenté par une distribution de probabilité. Pour un décideur plus performant, il est plus probable que ce seuil en question soit plus élevé. La figure I.3 de l'annexe I exhibe les

distributions de probabilité des seuils d'acceptabilité de la valeur des concepts attribuées aux décideurs selon 5 niveaux de performance de décision.

La figure I.4 de l'annexe I contient l'algorithme utilisé pour la simulation. Afin de simplifier sa présentation, le nombre de concepteurs a été limité à 2, le nombre de passes de génération de concepts planifiées a été limité à 2 également, et un seul décideur a été représenté. Il est aisé d'ajouter des concepteurs, des passes de générations de concepts et d'autres décideurs simplement en étalant la même structure logique. L'algorithme concerne le développement de concepts de 1000 produits⁵⁰ (1000 itérations). Toujours en relation avec la figure I.4, les résultats de la simulation utilisés pour l'analyse correspondent à la sommation des valeurs nettes des concepts sélectionnées pour chacun des 1000 produits selon les 4 cas suivants :

1. Décideur 1, 1 Concepteur, Passe 1;
2. Décideur 1, 2 Concepteurs, Passe 1;
3. Décideur 1, 1 Concepteur, Passe 2;
4. Décideur 1, 2 Concepteurs, Passe 2;

La question est de savoir laquelle des combinaisons théoriques précédentes offre la plus grande valeur nette cumulée de concepts. Intuitivement, tout porte à croire qu'il y a plus de chance d'obtenir une valeur nette cumulée de concepts plus élevée avec un nombre supérieur de concepteurs et en utilisant davantage de passes de génération de concepts. Cette présomption sera investiguée dans la section suivante. Toutefois, pour ajouter à la complexité, 5 décideurs de divers calibres seront utilisés en leur mariant chacun, selon leur performance respective de sélection de concepteurs, une combinaison de 5 concepteurs de différentes performances et en effectuant 1, 2 ou 3 passes budgétées de générations de concepts.

⁵⁰ Ce nombre de produits constitue un « échantillon » assez grand afin d'obtenir des distributions de probabilité stable pour les « variables de sortie ». Il est d'ailleurs aisé de réaliser cette quantité d'itérations avec un logiciel de simulation par la méthode de Monte Carlo. Par ailleurs, ces « produits » peuvent être assimilés à différents types de composantes ou d'assemblages se retrouvant, par exemple, dans un véhicule pouvant comporter plusieurs milliers de types de pièces dont chacune d'elles nécessite d'être conçue.

6.2.3 Simulation de Monte Carlo – Résultats et interprétations

Première simulation

La première simulation de Monte Carlo⁵¹ constitue un simulacre du système de DC pour le développement de 1000 produits différents avec 5 concepteurs de calibres correspondant aux distributions de probabilité de performance de la figure I.1 et, de 5 décideurs dont les performances décisionnelles respectives à l'égard de la sélection des concepteurs et des concepts sont exprimées sous la forme de distributions de probabilité de performance des figures I.2 et I.3. Le coût de la génération de concepts par concepteur, par passe, en pourcentage de la valeur du concept a été fixé à 0,01 (paramètre « C » de la figure I.4), valeur représentant un ordre de grandeur jugée raisonnable⁵². Le *coût non budgété* de la génération de concepts par concepteur, par passe, en pourcentage de la valeur du concept a été fixé à 0,04 (paramètre « C' » de la figure I.4), soit un coût 4 fois plus élevé que le coût de base. Ce taux, jugé d'ordre grandeur cohérent, reflète le fait qu'une activité non budgétée s'avère souvent beaucoup plus coûteuse qu'une activité prévue. En effet, afin d'éviter ou de réduire l'impact sur le délai de livraison d'un produit, une activité de GC non prévue pourrait être exécutée en temps supplémentaire payé à un taux plus élevé qu'à temps régulier, à temps double par exemple, exiger du travail en temps supplémentaire d'autres départements à temps double également (Méthodes, Assurance Qualité, Planification, Approvisionnements, Production, etc.) mais pourrait en même temps repousser les échéances de livraison occasionnant des pénalités financières contractuelles. Par ailleurs, on s'intéresse plus ici aux rapports entre les grandeurs qu'aux grandeurs elles-mêmes. Il faut rappeler que le but de la simulation est d'étudier le comportement d'un système et qu'à cette fin, certains paramètres de simulation peuvent être amplifiés pour mettre en relief différents états dudit système. La simulation permet ce genre de liberté bien qu'il faille être conscient du « risque de se perdre dans l'infinité des variables et des comportements incohérents associés à ces modifications *aléatoires* » [de Rosney, 1975].

⁵¹ Le complément pour MS-Excel *Crystal Ball* (par Oracle) a été utilisé pour effectuer toutes les simulations de Monte Carlo.

⁵² Un document interne de l'Entreprise 1 mentionne que les coûts d'ingénierie peuvent représenter jusqu'à 9 % du chiffre d'affaires. Associant la valeur des concepts au chiffre d'affaires (revenus provenant de l'achat des produits par les clients), le coût de la génération de concepts (une activité parmi d'autres de l'ingénierie) constituerait donc une fraction de ce pourcentage.

Le tableau 6.1 suivant contient les résultats de cette première simulation. Ces mêmes résultats sont présentés en complémentarité sous forme graphique aux figures I.5, I.6 et I.7 de l'annexe I.

Tableau 6.1 Résultats de la 1^{re} simulation de Monte Carlo

| PASSE | DÉCIDEUR | VALEUR NETTE CUMULÉE DES CONCEPTS (1000 PRODUITS) | | | | |
|---------|-------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 1 Concepteur | 2 Concepteurs | 3 Concepteurs | 4 Concepteurs | 5 Concepteurs |
| Passe 1 | Décideur #1 | 719,0 | 797,2 | 826,0 | 830,4 | 830,8 |
| Passe 1 | Décideur #2 | 707,9 | 784,0 | 807,9 | 814,8 | 818,4 |
| Passe 1 | Décideur #3 | 656,3 | 747,0 | 785,5 | 800,3 | 805,8 |
| Passe 1 | Décideur #4 | 627,1 | 714,7 | 761,8 | 781,8 | 790,2 |
| Passe 1 | Décideur #5 | 611,0 | 691,1 | 729,9 | 747,1 | 759,4 |
| Passe 2 | Décideur #1 | 799,2 | 856,5 | 872,0 | 865,0 | 854,2 |
| Passe 2 | Décideur #2 | 783,8 | 843,7 | 857,8 | 854,2 | 845,2 |
| Passe 2 | Décideur #3 | 751,4 | 821,8 | 846,3 | 851,6 | 842,4 |
| Passe 2 | Décideur #4 | 723,6 | 796,8 | 822,6 | 826,9 | 822,2 |
| Passe 2 | Décideur #5 | 715,0 | 780,2 | 805,2 | 810,2 | 809,6 |
| Passe 3 | Décideur #1 | 841,8 | 876,9 | 872,4 | 851,1 | 828,4 |
| Passe 3 | Décideur #2 | 832,9 | 866,5 | 864,7 | 849,1 | 826,6 |
| Passe 3 | Décideur #3 | 801,2 | 851,9 | 857,1 | 845,1 | 822,6 |
| Passe 3 | Décideur #4 | 774,7 | 831,2 | 838,1 | 824,5 | 807,8 |
| Passe 3 | Décideur #5 | 765,0 | 812,8 | 823,0 | 815,2 | 799,6 |

NOTE : C = 0,01 et C' = 0,04

La *valeur nette cumulée des concepts* la plus faible est obtenue avec la combinaison du Décideur #5 (pire décideur), pour une seule passe de génération de concepts et en utilisant un seul concepteur (voir la valeur surlignée « 611,0 » dans la 3^e colonne du tableau 6.1). Ce résultat n'a rien de surprenant et il apparaît même comme tout à fait évident car les conditions semblant favorables ne sont pas rassemblées. Cependant, la *valeur nette cumulée des concepts* la plus élevée correspond au Décideur #1 (meilleur décideur), pour 3 passes de génération de concepts et en utilisant seulement 2 concepteurs (voir la 1^{re} valeur surlignée « 876,9 » dans la 4^e colonne du tableau 6.1). Ce dernier résultat est plutôt contre-intuitif puisqu'on aurait pu croire qu'avec l'implication de 5 concepteurs associés au meilleur décideur avec 3 passes de génération de concepts, c.-à-d. une situation réunissant toutes les conditions gagnantes, aurait été plus performante.

À la lecture du tableau 6.1, on constate que le nombre de passes est généralement plus avantageux que le nombre de concepteurs impliqués. Par exemple, pour le Décideur #3, il est

plus fructueux d'utiliser 2 concepteurs avec 3 passes que 3 concepteurs avec 2 passes (voir la 2^e valeur surlignée « 851,9 » de la 4^e colonne et la valeur surlignée « 846,3 » de la 5^e colonne du tableau 6.1. À noter qu'il est facile d'effectuer d'autres comparaisons du même ordre avec les valeurs de ce tableau et arriver à la même constatation). Toutefois, la faible différence entre les valeurs permettant une telle observation pourrait être jugée insuffisante statistiquement et donc non significative. Néanmoins, ces différences sont observées à partir de la 30^{ième} itération et elles semblent se stabiliser à la 1000^{ième} itération. La différence observée pourrait donc être significative malgré sa petitesse car les données seraient « statistiquement stabilisées ». Par ailleurs, selon les résultats du tableau 6.1, il serait de plus avantageux d'effectuer au moins 2 passes de GC en toutes situations. Une partie de l'explication de ce résultat, plausiblement, est reliée à la loi de « régression vers la moyenne » [Kahneman, 2011]. En vertu de cette loi, une excellente performance de conception d'un concepteur à la 1^{re} passe serait habituellement suivie par une détérioration à la 2^e passe. À l'inverse, une performance médiocre de conception d'un concepteur à la 1^{re} passe serait habituellement suivie par une amélioration à la 2^e passe. Ainsi, le décideur prendra avantage à initier au moins 2 passes de génération de concepts. Il pourra évidemment déclencher plus de 2 passes de génération de concepts mais il devra le faire en se souciant du budget.

Les graphiques des figures I.5 à I.7 de l'annexe I montrent clairement que l'effet de l'ajout d'un concepteur au sein de l'équipe de DC sur la valeur nette cumulée est de moins en moins élevé quand le nombre de concepteurs augmente et il devient même désavantageux d'ajouter des concepteurs au-delà de 3 à partir de la 2^e passe.

Incidentement, dans une optique de performance du DC, le nombre de passes de génération de concepts primerait sur le nombre de concepteurs utilisés. De plus, l'impact de la performance du décideur serait prépondérant. Les résultats du tableau 6.1 sont d'ailleurs éloquentes à cet égard. Mais ces résultats sont tributaires de la fixation des valeurs des paramètres « C » et « C' » et plus particulièrement du rapport de proportion entre ces 2 valeurs. Quels sont les effets de la variation de ceux-ci sur les résultats alors?

Deuxième et troisième simulations

Les simulations effectuées avec le paramètre C' égale à 0,01 ($C' = C$) et à 0,1 ($C' = 10 * C$), tous autres éléments restant inchangés, montrent que les minimum et maximum de la valeur nette cumulée des concepts demeurent aux mêmes positions dans leur tableau respectif (voir les tableaux 6.2 et 6.3). Il faut noter par contre, avec $C' = 0,1$, que le Décideur #2 démontre une performance supérieure au Décideur #1 dès que le nombre de concepteurs est égale ou plus grand que 4 et que le nombre de passes est égale ou plus grand que 2 comme en fait foi les données du tableau 6.3. Ceci s'expliquerait par le fait qu'un décideur doué d'une grande habileté à reconnaître les meilleurs concepteurs et les meilleurs concepts, pourrait pousser la génération de concepts à outrance afin d'atteindre des objectifs élevés de valeur brute de concepts, et ce, au détriment du budget de DP (ou de la valeur nette du concept). Ce type de décideur mettrait donc l'emphase sur l'exploration au détriment de l'exploitation contrevenant au principe du *design thinking* de Martin [Martin, 2009]. Selon ce principe, une organisation performante s'activerait en cherchant l'équilibre entre l'exploration et l'exploitation, tel que mentionné au chapitre 2.

Tableau 6.2 Résultats de la 2^e simulation de Monte Carlo

| | | VALEUR NETTE CUMULÉE DES CONCEPTS (1000 PRODUITS) | | | | |
|---------|-------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| PASSE | DÉCIDEUR | 1 Concepteur | 2 Concepteurs | 3 Concepteurs | 4 Concepteurs | 5 Concepteurs |
| Passe 1 | Décideur #1 | 751,4 | 822,0 | 849,7 | 857,1 | 859,9 |
| Passe 1 | Décideur #2 | 714,5 | 797,5 | 829,4 | 844,3 | 847,8 |
| Passe 1 | Décideur #3 | 691,5 | 785,3 | 817,5 | 832,0 | 838,0 |
| Passe 1 | Décideur #4 | 646,2 | 736,7 | 781,4 | 803,6 | 816,4 |
| Passe 1 | Décideur #5 | 617,3 | 704,8 | 745,1 | 768,2 | 777,8 |
| Passe 2 | Décideur #1 | 815,8 | 866,0 | 879,5 | 872,0 | 860,7 |
| Passe 2 | Décideur #2 | 791,3 | 852,0 | 868,1 | 865,7 | 854,4 |
| Passe 2 | Décideur #3 | 777,1 | 845,6 | 858,1 | 860,2 | 851,6 |
| Passe 2 | Décideur #4 | 739,2 | 814,7 | 837,5 | 842,8 | 838,9 |
| Passe 2 | Décideur #5 | 704,1 | 779,7 | 809,9 | 817,7 | 814,4 |
| Passe 3 | Décideur #1 | 855,6 | 882,9 | 877,2 | 855,6 | 830,9 |
| Passe 3 | Décideur #2 | 829,5 | 870,1 | 866,8 | 849,5 | 824,0 |
| Passe 3 | Décideur #3 | 820,2 | 861,8 | 861,0 | 846,3 | 824,6 |
| Passe 3 | Décideur #4 | 785,5 | 840,6 | 847,0 | 835,9 | 817,6 |
| Passe 3 | Décideur #5 | 763,5 | 815,6 | 825,2 | 817,7 | 799,1 |

NOTE : $C = 0,01$ et $C' = 0,01$

Tableau 6.3 Résultats de la 3^e simulation de Monte Carlo

| | | VALEUR NETTE CUMULÉE DES CONCEPTS (1000 PRODUITS) | | | | |
|---------|-------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| PASSE | DÉCIDEUR | 1 Concepteur | 2 Concepteurs | 3 Concepteurs | 4 Concepteurs | 5 Concepteurs |
| Passe 1 | Décideur #1 | 711,8 | 768,8 | 773,9 | 769,2 | 764,2 |
| Passe 1 | Décideur #2 | 668,4 | 736,8 | 761,1 | 760,2 | 760,8 |
| Passe 1 | Décideur #3 | 646,3 | 715,4 | 744,7 | 760,4 | 769,9 |
| Passe 1 | Décideur #4 | 619,1 | 705,6 | 748,6 | 760,8 | 768,0 |
| Passe 1 | Décideur #5 | 603,0 | 668,6 | 713,1 | 736,8 | 744,0 |
| Passe 2 | Décideur #1 | 801,6 | 846,4 | 844,4 | 833,4 | 819,4 |
| Passe 2 | Décideur #2 | 771,6 | 827,4 | 844,7 | 835,2 | 824,9 |
| Passe 2 | Décideur #3 | 745,1 | 804,4 | 821,5 | 823,4 | 815,1 |
| Passe 2 | Décideur #4 | 722,3 | 790,8 | 820,4 | 827,8 | 821,9 |
| Passe 2 | Décideur #5 | 710,3 | 771,0 | 797,2 | 803,4 | 800,9 |
| Passe 3 | Décideur #1 | 839,1 | 871,4 | 858,5 | 837,6 | 813,9 |
| Passe 3 | Décideur #2 | 816,5 | 857,8 | 858,3 | 838,2 | 817,6 |
| Passe 3 | Décideur #3 | 794,2 | 838,4 | 840,4 | 827,4 | 804,9 |
| Passe 3 | Décideur #4 | 775,5 | 824,2 | 834,2 | 828,2 | 810,1 |
| Passe 3 | Décideur #5 | 762,3 | 811,6 | 818,3 | 808,6 | 792,4 |

NOTE : C = 0,01 et C' = 0,1

Les résultats des simulations de Monte Carlo précédentes montrent le rôle crucial du décideur en DC, la nécessité qu'il soit sensible à la valeur des concepts et au budget de DC, ainsi que l'avantage de permettre à 2 ou 3 concepteurs de s'exécuter dans la génération de concepts à au moins 2 reprises dans une même activité de DC. Un bon décideur sélectionnera donc les meilleurs concepteurs, les meilleurs concepts tout en dosant adéquatement la génération de concepts. Bref, il saura organiser efficacement le DC.

Quatrième simulation

Mais qu'arrive-t-il si une équipe de concepteurs est imposée à un décideur, c.-à-d. si le décideur n'utilise pas son pouvoir de sélection des concepteurs? Pour l'étudier, une 4^e simulation est effectuée avec C = 0,01 et C' = 0,04, en jumelant :

- le meilleur décideur (Décideur 1) à 5 concepteurs émanant de la meilleure catégorie (Concepteur 1) et ensuite à 5 concepteurs appartenant à la pire catégorie (Concepteur 5);
- le décideur moyen (Décideur 3) à 5 concepteurs appartenant à la catégorie moyenne (Concepteur 3);
- le pire décideur (Décideur 5) à 5 concepteurs émanant de la meilleure catégorie (Concepteur 1) et ensuite à 5 concepteurs appartenant à la pire catégorie (Concepteur 5).

Le tableau 6.4 montré ci-après, regroupe les résultats de cette 4^e simulation de Monte Carlo.

Tableau 6.4 Résultats de la 4^e simulation de Monte Carlo

| | | VALEUR NETTE CUMULÉE DES CONCEPTS (1000 PRODUITS) | | | | |
|---------|-------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| PASSE | DÉCIDEUR | 1 Concepteur | 2 Concepteurs | 3 Concepteurs | 4 Concepteurs | 5 Concepteurs |
| Passe 1 | Décideur #1 | 821,6 | 797,2 | 772,8 | 748,4 | 724,0 |
| Passe 1 | Décideur #1 | 546,8 | 509,5 | 472,1 | 434,8 | 397,4 |
| Passe 1 | Décideur #3 | 692,1 | 666,6 | 641,0 | 615,5 | 590,0 |
| Passe 1 | Décideur #5 | 780,3 | 763,8 | 747,2 | 730,7 | 714,2 |
| Passe 1 | Décideur #5 | 523,8 | 498,4 | 473,0 | 447,6 | 422,2 |
| Passe 2 | Décideur #1 | 872,9 | 846,2 | 819,6 | 792,9 | 766,2 |
| Passe 2 | Décideur #1 | 622,0 | 579,9 | 537,9 | 495,8 | 453,8 |
| Passe 2 | Décideur #3 | 779,8 | 750,9 | 721,9 | 693,0 | 664,0 |
| Passe 2 | Décideur #5 | 866,9 | 844,0 | 821,2 | 798,3 | 775,4 |
| Passe 2 | Décideur #5 | 610,5 | 580,6 | 550,6 | 520,7 | 490,8 |
| Passe 3 | Décideur #1 | 905,6 | 871,4 | 837,2 | 803,0 | 768,8 |
| Passe 3 | Décideur #1 | 671,5 | 623,0 | 574,4 | 525,9 | 477,4 |
| Passe 3 | Décideur #3 | 829,9 | 793,8 | 757,6 | 721,5 | 685,4 |
| Passe 3 | Décideur #5 | 902,6 | 871,1 | 839,7 | 808,2 | 776,8 |
| Passe 3 | Décideur #5 | 660,6 | 623,2 | 585,8 | 548,4 | 511,0 |

NOTE : C = 0,01 et C' = 0,04

D'abord, la valeur nette cumulée des concepts la plus élevée correspond au Décideur #1 (meilleur décideur), pour 3 passes de génération de concepts et en utilisant seulement un seul concepteur de la meilleure catégorie (voir la valeur surlignée « 905,6 » dans la 3^e colonne du tableau 6.4). Les résultats du tableau 6.4 expriment clairement qu'il n'y aurait aucun avantage à utiliser plus d'un concepteur, selon les conditions de la 4^e simulation. La performance des concepteurs primerait donc sur le nombre de concepteurs utilisés. Par contre, utiliser plusieurs passes de génération de concepts demeurerait une prérogative. Ainsi, comme auparavant dans la première simulation, pour le Décideur #3, il est plus fructueux d'utiliser 2 concepteurs avec 3 passes que 3 concepteurs avec 2 passes (voir les valeurs surlignées dans les 4^e et 5^e colonnes du tableau 6.4, « 793,8 » et « 721,9 » respectivement. À noter qu'il est facile d'effectuer d'autres comparaisons du même ordre avec les valeurs de ce tableau et arriver à la même constatation).

Cette quatrième simulation montre également que la valeur nette cumulée des concepts la plus faible est obtenue avec la combinaison du Décideur #1 (meilleur décideur), pour une seule passe de génération de concepts et en utilisant 5 concepteurs de la pire catégorie (voir la valeur surlignée « 397,4 » dans la dernière colonne du tableau 6.4). Ce résultat est d'autant plus surprenant que le Décideur #5 (pire décideur) combiné avec ces 5 concepteurs de la pire catégorie obtient un résultat supérieur (voir la valeur « 422,2 » dans la dernière colonne du

tableau 6.4) pour une passe de génération de concepts. Les résultats relatifs au Décideur #5 lorsqu'il est combiné aux pires concepteurs sont d'ailleurs supérieurs par rapport à ceux obtenus par le Décideur #1 combiné aux mêmes types de concepteurs, et ce, pour 1, 2 ou 3 passes de génération des concepts, dès que le nombre de concepteurs utilisés est égal ou supérieur à 3. Il y aurait donc avantage à jumeler les meilleurs concepteurs aux meilleurs décideurs et les pires concepteurs aux pires décideurs. Cela s'expliquerait par le déclenchement plus nombreux de séances de génération de concepts non budgétées par le meilleur décideur (Décideur #1) s'acharnant à faire générer des concepts par une équipe de concepteurs au potentiel limité. À l'inverse, le pire décideur (Décideur #5) ne laisserait pas assez d'opportunités à ses concepteurs à grand potentiel de générer des concepts de plus grande valeur, se contentant de concepts de valeur moindre. Pour le confirmer, une 5^e simulation a été effectuée.

Cinquième simulation

La cinquième simulation repose sur les mêmes paramètres que la quatrième simulation mais cette fois en appliquant un coût non budgété de génération de concepts nul ($C' = 0$). Le tableau 6.5 ci-dessous contient les résultats de cette simulation.

Tableau 6.5 Résultats de la 5^e simulation de Monte Carlo

| PASSE | DÉCIDEUR | VALEUR NETTE CUMULÉE DES CONCEPTS (1000 PRODUITS) | | | | |
|---------|-------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 1 Concepteur | 2 Concepteurs | 3 Concepteurs | 4 Concepteurs | 5 Concepteurs |
| Passe 1 | Décideur #1 | 826,2 | 816,2 | 806,2 | 796,2 | 786,2 |
| Passe 1 | Décideur #1 | 572,2 | 562,2 | 552,2 | 542,2 | 532,2 |
| Passe 1 | Décideur #3 | 689,0 | 679,0 | 669,0 | 659,0 | 649,0 |
| Passe 1 | Décideur #5 | 779,8 | 769,8 | 759,8 | 749,8 | 739,8 |
| Passe 1 | Décideur #5 | 524,2 | 514,2 | 504,2 | 494,2 | 484,2 |
| Passe 2 | Décideur #1 | 887,4 | 867,4 | 847,4 | 827,4 | 807,4 |
| Passe 2 | Décideur #1 | 653,0 | 633,0 | 613,0 | 593,0 | 573,0 |
| Passe 2 | Décideur #3 | 778,0 | 758,0 | 738,0 | 718,0 | 698,0 |
| Passe 2 | Décideur #5 | 866,8 | 846,8 | 826,8 | 806,8 | 786,8 |
| Passe 2 | Décideur #5 | 623,4 | 603,4 | 583,4 | 563,4 | 543,4 |
| Passe 3 | Décideur #1 | 915,6 | 885,6 | 855,6 | 825,6 | 795,6 |
| Passe 3 | Décideur #1 | 693,2 | 663,2 | 633,2 | 603,2 | 573,2 |
| Passe 3 | Décideur #3 | 822,8 | 792,8 | 762,8 | 732,8 | 702,8 |
| Passe 3 | Décideur #5 | 906,4 | 876,4 | 846,4 | 816,4 | 786,4 |
| Passe 3 | Décideur #5 | 673,6 | 643,6 | 613,6 | 583,6 | 553,6 |

NOTE : $C = 0,01$ et $C' = 0$

La valeur nette cumulée des concepts la plus élevée correspond au Décideur #1 (meilleur décideur), pour 3 passes de génération de concepts et en utilisant seulement un seul concepteur de la meilleure catégorie tout comme la quatrième simulation (voir la valeur « 915,6 » surlignée dans la 3^e colonne du tableau 6.5).

À noter que les résultats présentés dans le tableau 6.5 affiche maintenant, comme prévu, que la valeur nette cumulée des concepts la plus faible est obtenue avec la combinaison du Décideur #5 (pire décideur), pour une seule passe de génération de concepts et en utilisant 5 concepteurs de la pire catégorie (voir la valeur « 484,2 » de la dernière colonne du tableau 6.5).

Sixième simulation

Quels auraient été les résultats si les décideurs et les concepteurs de la cinquième simulation performaient toujours au même niveau, et ce, à un coût de génération de concepts nul (c.-à-d. en retirant toute variation aléatoire du modèle)? Le tableau 6.6 ci-dessous contient la réponse à cette question. Les résultats montrent que les décideurs n'ont plus aucune influence sur la performance de l'équipe. En effet, que le décideur soit excellent ou médiocre, la performance de l'équipe est déterminée par la performance des concepteurs. En fait, ce qui importe vraiment, c'est la performance du premier concepteur (comparaison entre les colonnes du tableau 6.6). Ni le nombre de concepteurs, ni le nombre de passes de génération de concepts, font la différence. Autrement dit, une entreprise employant le concepteur « parfait » pourrait se fier entièrement sur cette seule personne pour le DC.

Mais est-ce que ce type de concepteur existe vraiment? À vrai dire, il existerait d'une manière momentanée par exemple dans une situation où un concepteur fait la découverte fortuite d'un concept « miracle », dans le cadre normal de son travail en DP. Cependant, force est de constater qu'il s'agit d'un événement guère fréquent et fondamentalement imprévisible. Incidemment, ce sont les incertitudes, les aléas, les variations, bref la complexité du système de DC, qui justifieraient l'équipe de DC selon un modèle répandu dans l'industrie mentionné dans la section 6.1. Cette équipe sera idéalement composée des meilleurs concepteurs exercés à générer des concepts de grandes valeurs en nombre adéquat, d'un décideur performant

capable de sélectionner les meilleurs concepteurs et les meilleurs concepts tout en sachant organiser efficacement la génération de concepts dans le respect du budget.

Tableau 6.6 Résultats de la 6^e simulation de Monte Carlo

| PASSE | DÉCIDEUR | VALEUR NETTE CUMULÉE DES CONCEPTS (1000 PRODUITS) | | | | |
|---------|-------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 1 Concepteur | 2 Concepteurs | 3 Concepteurs | 4 Concepteurs | 5 Concepteurs |
| Passe 1 | Décideur #1 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 |
| Passe 1 | Décideur #1 | 200,0 | 200,0 | 200,0 | 200,0 | 200,0 |
| Passe 1 | Décideur #3 | 600,0 | 600,0 | 600,0 | 600,0 | 600,0 |
| Passe 1 | Décideur #5 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 |
| Passe 1 | Décideur #5 | 200,0 | 200,0 | 200,0 | 200,0 | 200,0 |
| Passe 2 | Décideur #1 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 |
| Passe 2 | Décideur #1 | 200,0 | 200,0 | 200,0 | 200,0 | 200,0 |
| Passe 2 | Décideur #3 | 600,0 | 600,0 | 600,0 | 600,0 | 600,0 |
| Passe 2 | Décideur #5 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 |
| Passe 2 | Décideur #5 | 200,0 | 200,0 | 200,0 | 200,0 | 200,0 |
| Passe 3 | Décideur #1 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 |
| Passe 3 | Décideur #1 | 200,0 | 200,0 | 200,0 | 200,0 | 200,0 |
| Passe 3 | Décideur #3 | 600,0 | 600,0 | 600,0 | 600,0 | 600,0 |
| Passe 3 | Décideur #5 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 |
| Passe 3 | Décideur #5 | 200,0 | 200,0 | 200,0 | 200,0 | 200,0 |

NOTE : C = 0 et C' = 0

En récapitulant, les simulations de Monte Carlo réalisées suggèrent que :

- le nombre de passes de génération de concepts primerait généralement sur le nombre de concepteurs impliqués;
- le décideur jouerait un rôle crucial dans la performance de l'équipe de DC de par sa propre performance à choisir les concepteurs performants et à reconnaître la valeur des concepts;
- un décideur pourrait abuser de la génération de concepts et/ou du nombre de concepteurs utilisés au détriment de la performance de l'équipe de DC (la performance est reliée au coût net du concept);
- les coûts de la génération de concepts limiteraient la performance de l'équipe de DC;
- la performance des concepteurs en DC primerait sur le nombre de concepteurs impliqués dans le DC. Ainsi, il serait préférable d'utiliser un nombre réduit de concepteurs performants que d'employer de nombreux concepteurs peu performants;
- si des concepteurs sont imposés aux gestionnaires de DP (décideurs), les résultats des simulations indiquent qu'il serait préférable d'imposer les meilleurs concepteurs aux meilleurs décideurs et les pires concepteurs aux pires décideurs;

- la complexité du système de DC justifierait l'utilisation d'une équipe de DC composée de concepteurs et d'un décideur performants ainsi que l'utilisation d'au moins 2 passes de GC.

Ces conclusions découlent des résultats de la simulation de Monte Carlo, selon différents scénarios, de modèles mathématiques statistiques basés sur la théorie statistique de la décision et des principes mentionnées précédemment. Elles répondent aux interrogations formulées au début de la section 6.2. Toutefois, est-ce que ce qu'elles décrivent est observable sur le terrain? Dans quelle mesure? Peuvent-elles servir à développer une méthodologie efficace de DC? Cela sera discuté au chapitre 7.

6.3 Proposition d'un simulateur du MSDC utilisant la dynamique des systèmes

Pourquoi utiliser une telle simulation basée sur la dynamique des systèmes? En lien avec le premier objectif de recherche, il serait d'abord visé de mieux comprendre les mécanismes menant les acteurs du système à négliger ou à sous exploiter le DC. Ensuite, il serait souhaité d'identifier des stratégies potentielles reposant sur les meilleurs leviers disponibles afin d'améliorer la performance des acteurs en DC et, ultimement, la performance globale du DP.

Dans les simulations de Monte Carlo de la section précédente, les « atomes » du modèle se limitaient à la performance des acteurs représentée par des distributions de probabilité. Le DC était en quelque sorte examiné « extérieurement ». Avec une simulation par la dynamique des systèmes, ces atomes seraient décortiqués en différentes composantes (c.-à-d. qu'une granulométrie plus fine du modèle est utilisée) conduisant à un examen « interne » du DC en incluant des facteurs reliés à la performance des acteurs du DP. La performance des acteurs pourrait être ainsi décomposée en éléments tels le niveau de sens (NDS) accordé au DC par les acteurs, les capacités intellectuelles des acteurs relatives à l'intuition, la réflexion (ou l'analyse) et l'expertise (voir la section 2.6.1), et ce, dans le domaine dit du « produit » et celui dit du « processus » (voir la section 2.6.4).

En quoi consiste la dynamique des systèmes? D'abord, un système est considéré dynamique quand ses extrants actuels dépendent d'intrants du passé. Les extrants d'un système dynamique varient avec le temps quand le système n'est pas à l'état d'équilibre [Ogata, 1978]. Le système de DC, tout comme celui du DP, s'inscrit dans le temps puisque son état évolue au gré des décisions, des actions et du traitement de l'information effectué par les acteurs qui les composent sous l'assujettissement d'un environnement économique, politique et social en continuel changement. Les systèmes de DP et de DC constituent donc des systèmes dynamiques de surcroît complexes comme mentionné dans le chapitre 3. Or, la simulation permet d'étudier « le comportement dans le temps d'un système complexe » [de Rosney, 1975]. La simulation par la dynamique des systèmes plus spécifiquement pourrait donc être appliquée afin d'apprendre un peu plus sur les comportements potentiels du système de DC à travers le temps.

La dynamique des systèmes est une méthode puissante pour obtenir une meilleure compréhension des systèmes complexes, dont les systèmes sociaux-techniques tel le système de DC. Sterman explique que la dynamique des systèmes est fondamentalement interdisciplinaire. Elle est fondée sur la théorie de la dynamique non linéaire et des contrôles asservis développés en mathématique, en physique et en génie. Puisque que ces outils sont utilisés ici dans le domaine des comportements humains, la dynamique des systèmes puise des connaissances en psychologie cognitive et sociale, en économie ainsi qu'en d'autres sciences sociales également [Sterman, 2000]. Par ailleurs, Checkland explique que les situations humaines sont caractérisées par plus que les faits et la logique à la base de l'ingénierie de système. Il faudrait également considérer les mythes et les significations par lesquels les êtres humains donnent du sens à leurs mondes [Rosenhead *et al.*, 1989]. Le NDS défini précédemment tient compte pertinemment de cet aspect de nature sociale.

Toutes les décisions sont basées sur des modèles, habituellement des modèles mentaux [de Rosnay, 1975; Sterman, 2000]. Or, ces modèles utilisés par les individus sont souvent dynamiquement déficients. En effet, les individus associent les événements à une causalité en boucle ouverte (causalité linéaire), ignorent les processus de rétroaction, ne reconnaissent pas les délais entre les actions et les réponses et dans l'information rapportée, ne comprennent pas

les notions de stockage et de flux et sont en définitive insensibles aux non linéarités qui peuvent altérer la force de différentes boucles de rétroaction quand le système évolue [Sterman, 2000]. Moles explique « [...] que la complexité de l'ensemble outrepassa quant à son fonctionnement la capacité du champ de conscience de l'esprit humain. Le fonctionnement global nous échappe, bien que chaque étape ou partie nous soit intelligible » [Moles, 1995]. Ces déficiences sont de fait des conséquences directes du principe de la rationalité limitée, articulé par Simon, stipulant de nombreuses limitations d'attention, de mémoire, de souvenirs, de capacité de traitement de l'information et de temps contraignant la prise de décision de l'humain [Sterman, 2000; Simon, 1983; Simon, 2004].

Un principe central de la dynamique des systèmes consiste à examiner les problèmes selon des perspectives multiples, pour repousser les frontières des modèles mentaux à considérer les conséquences à long terme et les effets secondaires des actions portées, incluant leurs implications environnementales, culturelles et sociales [Sterman, 2000]. Ce principe paraît donc approprié à l'étude du système de DC se présentant de fait, comme un processus long et complexe tel que mentionné au chapitre 2. D'ailleurs, les délais entre le début d'un programme d'amélioration d'un processus et ses résultats sont habituellement longs, de plusieurs mois à plusieurs années selon la complexité du processus. Ainsi, la demi-vie des améliorations effectuées en DP (c.-à-d. le délai entre une action d'amélioration et l'obtention d'une réduction de la quantité de défauts de 50%) est évaluée en moyenne à 55,3 mois [Schneiderman, 1988]. Ainsi, prenant compte de la question de recherche, les effets globaux d'une élévation du niveau de sens que les concepteurs et les décideurs accordent au DC ne se mesureront véritablement qu'à long terme, après quelques années tout au moins. À court terme cependant, une certaine augmentation en nombre et en qualité des concepts générés, pourrait être observée. Le modèle du système de DC basé sur la dynamique des systèmes devra donc, pour représenter convenablement la réalité et être utile à la compréhension, refléter ces longs délais.

Alvarez A., dans sa thèse doctorale en génie industriel, utilise de son propre aveu, des données jugées insuffisantes et des modèles de régression de faible validité à prédire des effets causaux, afin de construire un simulateur, basé sur la dynamique des systèmes, des relations

entre individus et de leurs comportements en situation de changement organisationnel [Alvarez A., 2002]. Il prévient le lecteur sur les limites de son modèle campé dans le contexte de sa recherche mais il présente néanmoins dans sa thèse des résultats corroborant certaines de ses expériences du terrain effectuées dans une Agence d'État aux É.-U. [Alvarez A., 2002].

Un tel simulateur basé sur la dynamique des systèmes pour le DC a été réalisé par le doctorant mais les modèles mathématiques ainsi que les résultats obtenus, bien que présentant un potentiel des plus intéressants, ont été jugés trop préliminaires pour être exposés dans cette thèse.

6.4 Conclusion du chapitre

Ce chapitre s'est consacré au système de développement de concepts. On a cherché à montrer (et non à démontrer!) des relations possibles entre diverses notions vagues pour étudier des comportements potentiels du système de DC dans une perspective à long terme, ce que la recherche sur le terrain ne permettait pas. Cela constitue en quelque sorte une première étape vers une rationalisation, qui aux dires de Moles, ne triompherait qu'au « [...] terme ultime du travail scientifique [...] » [Moles, 1995].

Les modèles mathématiques utilisés dans le présent chapitre, ont été construits en usant des théories et des principes issus de la recherche effectuée dans divers domaines scientifiques mentionnées aux chapitres 2 et 3. Ils ont rendu possible la simulation du DC sur ordinateur au moyen de la méthode de Monte Carlo. Elle examinait le DC « extérieurement », s'intéressant principalement aux niveaux de performance en DC des acteurs. Une deuxième méthode reposant sur la dynamique des systèmes et présentant un potentiel intéressant a été proposée pour étudier « intérieurement » le DC, s'intéressant particulièrement aux effets de facteurs, jugés plus significatifs, composant ces performances en DC. La simulation a le mérite de mettre les théories de différents domaines considérés compatibles par le modélisateur en interaction en abordant le phénomène dans sa globalité. Elle a permis de « jouer » avec le MSDC pour en déceler certaines nuances, pour en apprendre sur certains comportements admissibles.

En dépit de la relative simplicité des modèles mathématiques construits et utilisés, de nombreux résultats aussi inattendus que surprenants ont pu être obtenus. Sans avoir acquis toutefois une validation suffisante, les résultats des simulations indiquent des pistes intéressantes pour de futures recherches.

Les simulations selon la méthode de Monte Carlo suggèrent qu'il serait en principe préférable d'utiliser au moins 2 passes de génération de concepts, pour un produit particulier, pour chaque concepteur. De plus, un grand nombre de concepteurs ne serait pas nécessairement avantageux. Il y aurait donc une certaine limite où ce ne serait plus rentable. Le nombre de passes de générations de concepts primerait d'ailleurs sur le nombre de concepteurs impliqués. Aussi, il serait préférable d'utiliser un nombre réduit de concepteurs performants que d'employer plusieurs concepteurs non performants. Par ailleurs, un décideur pourrait abuser de la génération de concepts et/ou du nombre de concepteurs utilisés au détriment de la performance de l'équipe de DC dans le seul but d'obtenir un concept de grande valeur. Il serait de surcroît préférable d'unir les décideurs performants aux concepteurs performants et les décideurs moins performants aux concepteurs moins performants. Enfin, l'emploi d'une équipe de DC serait justifié par la complexité du DC. Finalement, les simulations de Monte Carlo vérifieraient la thèse selon laquelle la performance du décideur, à savoir le gestionnaire en DP, est prépondérante.

Il est présagé qu'un simulateur de DC pourrait être utilisé par les acteurs du DP afin d'élever le NDS qu'ils accordent au DC. Les simulateurs pourraient viser particulièrement les décideurs, surpassant l'effet obtenu sur eux par l'utilisation d'un MSDP mise en œuvre comme l'expérience tentée dans la présente recherche. Les résultats portent à croire que la simulation du DC pourrait représenter un outil efficace de développement des compétences en gestion du DP et contribuer à donner du sens à « donner du sens » au DC!

CHAPITRE 7

CONCLUSION

Les grands thèmes de la recherche seront revus sous la forme d'une discussion générale. Celle-ci se présentera comme une synthèse des travaux de recherche incluant les réponses à la question et aux objectifs de recherche. Elle comprendra une explicitation des contributions originales nuancées par une réflexion axée sur leurs validités et les limites de leurs portées et enfin, des propositions de nouvelles perspectives de recherche.

7.1 Sommaire des travaux de recherche

7.1.1 Le développement de concepts et l'organisation innovante

Dans une optique très large de créer par essaimage une organisation innovante dans le domaine manufacturier, la démarche utilisée au chapitre 2 a montré les liens unissant l'organisation innovante (OI), le développement de produits (DP), l'innovation de produit (IP), la recherche et le développement en contexte industriel (R&D), le développement de concepts (DC) et enfin la génération de concepts (GC). Le DC et particulièrement la GC seraient ainsi à la source de l'OI manufacturière, se présentant à la fois comme un « régénérateur » du DP et un « déclencheur ». Cela constituait les **premières contributions de la recherche**, celle d'avoir appuyé la thèse de plusieurs chercheurs à l'effet que le DC serait un lieu de grand potentiel pour l'amélioration du DP, et de manière tributaire sur la pérennité de l'organisation, et celle d'avoir expliqué la « centralité » du concept de produit. Ce potentiel mentionné serait toutefois difficile à concrétiser. En réponse à ce constat, plusieurs chercheurs en DP ont donc proposé des outils aux praticiens pour les aider à surmonter les difficultés de nature plus technique reliées au DC. Ils cherchaient à améliorer les capacités cognitives et les compétences des acteurs du DP sans réellement vérifier d'abord si ces acteurs accordaient effectivement de l'importance au DC et s'ils lui attribuaient un haut niveau de difficulté. En fait, il apparaissait illusoire aux yeux du doctorant qu'un acteur du DP puisse s'approprier d'un nouvel outil de conception pour le DC alors qu'il banaliserait cette phase du DP ou qu'il s'y considérerait suffisamment performant. L'approche des chercheurs semblait donc

déficiente à cet égard. Ainsi, pour remédier à cette situation, il a été proposé de recourir notamment à la psychologie puisqu'on s'intéressait plus particulièrement aux processus mentaux et aux comportements des acteurs du DP œuvrant dans un environnement de conception de produits, celle-ci constituant l'une des principales tâches de l'ingénieur. En même temps, il a semblé plus probant qu'une telle étude soit initiée par un ingénieur praticien dans la perspective de mieux comprendre la réalité vécue par l'ingénieur dans sa tâche de concevoir et, de faciliter l'opérationnalisation des solutions éventuellement. Le recours à une science humaine dans le cadre d'une thèse en génie mécanique apparaissait d'autant plus pertinent qu'il répondait à une certaine lacune méthodologique dans la formation des ingénieurs comme discutée dans la section 2.5.3. Une série de difficultés potentielles de nature psychologique a donc été présentée, découlant des vastes travaux de revue littéraire, comme explications crédibles des complications pouvant être vécu par les acteurs du DC et particulièrement par les ingénieurs. Elles constituaient une **contribution de la recherche** ainsi qu'une réponse au **1^{er} objectif de recherche** « Mieux comprendre pourquoi le DC pourrait n'être pas reconnu comme si important et difficile en même temps par les acteurs du DP » et appuyaient l'assertion sur l'importance du niveau de sens (NDS) accordé au DC par les acteurs du DP. Incidemment, plusieurs éléments d'intérêt ont été révélés :

- « choisir » un concept parmi une infinité de possibilités, associé à la capacité de schémas mentaux pratiquement illimités du cerveau, apparaît comme une tâche plutôt ardue pour le concepteur, le plaçant en face d'un problème « d'hyperchoix » immensément complexe. L'emploi de concepteurs de styles différents et l'application de certaines contraintes librement consenties apparaissaient comme des solutions potentielles pouvant contribuer à surmonter ce problème;
- afin de naviguer efficacement dans cet univers de grande complexité, l'acteur du DP devrait mettre à profit ses capacités intuitives et analytiques dans un rapport équilibré. L'acteur du DP devrait d'abord en prendre conscience;
- l'acteur du DP serait en proie au « danger du succès » et à cet égard, il devrait rester continuellement vigilant et répondre promptement aux sentiments de complaisance, d'arrogance et de suffisance découlant des succès relatifs aux concepts de produits qu'il aurait générés par le passé;

- l'acteur du DP pourrait être victime d'un surcroît de confiance en GC. Ainsi, il devrait d'abord admettre ce qu'il connaît et ce qu'il ne connaît pas et, accepter de confronter les feedbacks qu'il reçoit sur ses concepts pour calibrer sa perception;
- l'acteur du DP pourrait surévaluer les concepts qu'il a lui-même générés, atteint par une « maladie de l'appropriation » difficilement curable et relative à l'irrationalité de l'être humain. L'acteur du DP devrait minimalement en prendre conscience;
- l'acteur du DP serait sujet à une aversion à l'ambiguïté. Ainsi, mal à l'aise dans son inaction face à un problème flou, un acteur du DP pourrait même en venir à « créer une solution » pour atténuer son inquiétude;
- l'acteur du DP pourrait se diriger machinalement de façon intuitive vers un concept qu'il maîtrise, dû à une imprégnation de son esprit par la solution qu'il connaît en relation au processus mental de la conception, en écartant tous nouveaux concepts méconnus. Il pourrait également s'investir dans l'analyse et le raffinement d'un concept au point d'abandonner toute recherche de nouveaux concepts et de ne pas reconnaître le potentiel de concepts de plus grande valeur pouvant se présenter à lui;
- l'acteur du DP pourrait manifester un manque de connaissance du domaine spécifique du produit et dans l'application d'outils méthodologiques associés aux sciences de l'imprécis, mieux nanties pour affronter la complexité;
- le gestionnaire de DP pourrait ne pas reconnaître son rôle prépondérant dans l'établissement d'une atmosphère propice à la créativité, une atmosphère où règnent la joie et le plaisir.

Il ne s'agit certes pas d'une liste exhaustive de tous les problèmes se présentant aux acteurs du DC mais d'un ensemble en leur faveur jugé pertinent, pour apprécier globalement que le DC constitue une activité complexe à ne pas prendre à la légère et qu'elle mérite donc d'être considérée avec la plus grande attention. Ce constat est d'ailleurs soutenu par les réponses de 18 participants à la recherche au questionnaire Q1 qui exprimaient leur assentiment envers une valorisation ainsi qu'un investissement plus grand en temps et effort au DC, constituant de soi, une validation interne de ces résultats de la recherche. Le DC serait en définitive, une activité parfois facile à accomplir, mais souvent difficile à réaliser et à apprécier à sa juste valeur. Enfin, ce qui semble commun à toutes ces difficultés, c'est la nécessaire prise de conscience des acteurs du DP vis-à-vis elles pour espérer les surmonter. Il s'agissait dès lors de mieux

définir cette « prise de conscience » associée au DC dans l'espoir d'intervenir positivement sur elle.

7.1.2 La performance des acteurs en développement de concepts

Les acteurs du DP feraient donc face à un phénomène particulièrement complexe dès les premières phases du DP. La complexité et ses inhérentes embûches trouveraient leurs combles dans le système de DC. Afin de performer en DC, l'acteur du DP devrait donc utiliser judicieusement ses capacités cognitives. Mais cela apparaissait insuffisant pour expliquer les situations où un acteur du DP, pourtant muni de capacités cognitives supérieures, pourrait faillir en DC. Ainsi, afin de surmonter les pièges et les difficultés du DC, avant même penser améliorer ses capacités cognitives, l'acteur du DP devrait d'abord être persuadé de l'importance du DC et prendre conscience justement de ses propres difficultés en DC. Il devrait accorder du sens au DC à la manière des nombreux chercheurs cités dans cette recherche, convaincus du potentiel d'amélioration du DC et des difficultés intrinsèques. En fait, basé sur la théorie du *sensemaking*, plus le *niveau de sens* (NDS) accordé à quelque chose serait élevé, plus l'individu serait enclin à s'y investir. Cet emprunt à la théorie du *sensemaking* est apparu pertinent, car le *sensemaking* pouvait expliquer le comportement de l'acteur vis-à-vis le DC. Un NDS suffisant accordé au DC se présentait donc comme une condition essentielle avant d'envisager l'amélioration des capacités cognitives et des compétences des praticiens dans cette activité. Il s'agissait dès lors d'inventer des moyens pour mesurer et augmenter ce NDS.

À ce stade de la recherche, deux principaux types d'acteurs du DP pouvaient être identifiés : le *décideur* (ou gestionnaire du DP), imputable des résultats du DC, et le *concepteur*, dédié essentiellement à la génération de concepts. Or, un ensemble d'arguments en faveur de la prépondérance du rôle du gestionnaire de DP dans le système de DP a été répertorié, constituant une **contribution originale** de la recherche. Le décideur se révélerait ainsi l'acteur clé, le *sensemaker* par excellence du DC. Révélé de diverses manières dans la littérature tel que discuté aux chapitres 2, 3 et 6 notamment, le décideur détiendrait en effet un rôle primordial en DC. Il devrait donc posséder un NDS supérieur à l'égard du DC pour sélectionner ses concepteurs et à son tour, élever et maintenir le NDS de ceux-ci. Il serait donc

crucial, dans la même logique, de faire la bonne sélection des décideurs avec, comme premier critère de sélection, le NDS qu'accorde le candidat décideur au DC. Mais pour être en mesure de sélectionner un tel décideur, sans faire reposer ce choix important sur le seul fruit du hasard, ne serait-il pas nécessaire de détenir un NDS élevé à l'égard du DC? Qui peut être en mesure de sélectionner les bons décideurs en DC? Comment sélectionne-t-on un décideur qui sélectionnera de bons décideurs en DC par la suite? Poussant ce raisonnement à la limite, le PDG d'une entreprise devrait donc manifester lui-même un NDS élevé à l'égard du DC. Or, il semble bien que ce type de PDG corresponde à un gestionnaire doté de ce que Martin appelle le *Design Thinking*. Ce professeur de l'Université de Toronto cite d'ailleurs comme exemple les PDG de RIM, du Cirque du Soleil, de P&G et d'Apple, lesquelles détiendraient cet esprit qui aurait permis aux organisations qu'ils dirigent d'admirablement performer [Martin, 2009]. Selon Peters, pour qui le design est une question de passion, d'émotion et d'attachement et qui doit être au cœur de chaque entreprise, les designers devraient être assis à la droite des PDG à la table du conseil d'administration [Peters, 2005].

La problématique de recherche avait mis en exergue le fait que plusieurs chercheurs aient adressé le problème associé au DC en proposant divers outils de conception aux praticiens. Or, ces chercheurs ne se seraient pas interrogés sur la possibilité que les acteurs du DP puissent ne pas reconnaître l'importance du DC ni le levier d'amélioration qu'il renfermerait et qu'en cela, ils ne seraient pas disposés à s'approprier de nouveaux outils de conception ni à s'investir davantage en DC. Assimilant le DP à un système complexe modélisable par la systémique et s'appuyant sur le principe de négociation de sens issu de la théorie sociale de l'apprentissage de Wenger et sur la théorie du *sensemaking*, la **question de recherche** s'est donc posée :

Est-ce qu'un modèle systémique du développement de produits (MSDP) mis en œuvre auprès des acteurs du développement de produits dans un processus participatif contribue à élever le niveau de sens qu'ils accordent au développement de concepts et donc possiblement à améliorer leur performance en développements de concepts?

Pour étayer la réponse à la question de recherche, un MSDP devait donc être construit. Puis, un processus de mise en œuvre du MSDP sur le terrain des praticiens, une échelle de NDS

accordé au DC ainsi que différents instruments de constitution des données et procédés d'analyse de ces données devaient être élaborés.

7.1.3 Le modèle systémique du développement de produits

Au chapitre 3, en réponse au **2^e objectif de recherche** « Élaborer et documenter la démarche de modélisation systémique du DP afin d'en permettre la reproduction », un modèle systémique de développement de produits (MSDP) a été construit, en utilisant les théories et les principes reconnus du domaine ainsi qu'en s'inspirant d'un « modèle » de modélisation proposé par Durant [Durant, 2006]. En complémentarité et de façon systématique, trois autres approches ont été mises à contribution dans l'exercice d'édification du MSDP : l'analyse fonctionnelle combinée au *QFD* utilisé de manière non conventionnelle, la grille du système général (SG) et l'archétype d'un système complexe de neuvième niveau proposés par Le Moigne [Le Moigne, 1999]. Un premier MSDP a été construit et de ce modèle, une version plus raffinée a été édifiée. Le MSDP a par la suite subi un premier test de robustesse, relatif à sa capacité à expliquer des comportements possibles du système, au moyen de l'outil d'analyse de risque HAZOP appliqué d'une **façon originale**. La méthode HAZOP favorise une confrontation du modèle avec le phénomène réel. Elle permet de bâtir un répertoire d'explications relatif à des comportements variés du système soumis à des perturbations. Elle peut aussi mener à modifier le modèle afin de le rendre encore plus apte à expliquer d'autres comportements. Le MSDP développé constitue une **contribution originale** de la présente recherche.

Le **3^e objectif de recherche** « Étudier et valider théoriquement le MSDP par comparaison aux représentations existantes dans la littérature et aux théories et principes reconnus du domaine du DP » a trouvé réponse au chapitre 3. Le choix des atomes du MSDP reposait essentiellement sur des théories et des principes reconnus du domaine du DP, comme ceux mentionnés et cités abondamment dans les chapitres 2 et 3. Le MSDP a été soumis à l'épreuve des « 10 commandements de la systémique » élaborés par de Rosney [de Rosney, 1975]. Il a été comparé par la suite à cinq modèles émanant de la littérature. De ces comparaisons, le caractère générique du MSDP s'est avéré par le fait de pouvoir « embrasser » plusieurs points de vue. Le MSDP pouvait donc se substituer aux modèles de comparaison. Enfin, le MSDP

s'est montré adéquat pour expliquer certaines réalités associées au DC et vécues par des entreprises du DP. Le MSDP aurait donc été validé théoriquement. Il détiendrait ainsi une certaine validité externe, bien que celle-ci devra être formellement vérifiée par d'autres études. Enfin, le MSDP tel que présenté dans la présente recherche est certes perfectible tant pour son « contenu » que pour son « contenant ». Est-ce qu'une implication plus importante des praticiens dans la modélisation permettrait de bonifier le MSDP? Il est possible que oui. Il est présagé de plus que la participation des acteurs du DP dans la modélisation puisse agir positivement sur le NDS qu'ils accordent au DC.

7.1.4 La méthodologie et l'expérimentation sur le terrain

La mesure du NDS

Puisqu'il fallait évaluer l'effet de la mise en œuvre du MSDP sur le degré de conviction des acteurs du DP à l'égard du DC, des instruments de constitution des données ont été développés à cette fin. Plus spécifiquement, une échelle de niveau de sens (NDS) a dû être développée de manière à pouvoir mesurer ce degré de conviction des acteurs du DP. Le NDS exprime le fait que cette conviction par rapport au DC repose sur une gradation, un continuum partant d'un désintéressement total à un engagement total. Pour ce cas, une échelle d'intervalles « qui indique dans quelle mesure l'objet possède certaines caractéristiques » [Darmon *et al.*, 1991] apparaissait indiquée. L'échelle de NDS s'est avérée efficace pour évaluer les degrés d'importance accordés au DC par les participants à la recherche. Les définitions de chacun des niveaux de l'échelle de mesure du NDS ont semblé suffisamment explicites pour ségréger adéquatement les NDS, malgré le flou entourant ce type de données, et pour minimiser les erreurs aléatoires. Les 5 niveaux définis permettaient d'obtenir une fidélité et une précision convenables, considérant que la fidélité croîtrait généralement avec la diminution de la quantité de niveaux (ou de précision) [Moles, 1995].

Les méthodologies utilisées, les instruments de constitution des données et les méthodes d'analyse des données constituées ont permis de mesurer les NDS des participants avant et après (à court terme et à long terme) la séance de création de sens pour l'élévation du NDS accordé au DC. Les données ont cependant nécessité un lourd travail d'organisation, d'analyse et d'interprétation. Le recours aux tactiques de triangulation et de pondération a permis de

vérifier le degré de convergence entre les résultats des différents outils de mesure (voir la section 4.4.3). Le niveau de cohérence entre les valeurs de NDS global obtenues via l'entrevue individuelle et les questionnaires Q1 et Q2 contribuait à la validation interne des résultats (voir la 5.2.5).

Des outils différents ont été utilisés pour mesurer les NDS initiaux, les NDS après l'entrevue de groupe à court terme et à long terme. Ce procédé permettait de minimiser un biais associé à la *désirabilité sociale* qui aurait pu influencer les participants à répondre de manière à montrer une amélioration perçue comme « désirable », en se basant sur ce qu'ils avaient répondu préalablement aux mêmes questions. Il faut toutefois remarquer que tous les instruments de mesure reposaient sur la même échelle de mesure de NDS, laquelle constituait le lien commun. Chaque instrument de mesure se destinait à la mesure de l'état du participant, à un moment précis, par rapport au DC. Le questionnaire final QF se voulait un outil pour mesurer le NDS des participants à long terme, une donnée particulièrement importante pour la recherche, toujours en évitant le biais de *désirabilité sociale*. Il fallait savoir si le NDS des participants s'était détérioré ou amélioré ou s'il était simplement demeuré stable en évitant toutefois une requête directe et explicite⁵³. Les questions ont donc été construites en ce sens et la qualité des réponses reçues en était le tribut. Il aurait été cependant souhaitable d'obtenir les réponses d'un plus grand nombre de répondants afin de renforcer les conclusions.

Le NDS n'est certes pas un paramètre facile à mesurer. Il s'agit d'une variable dépendant de plusieurs facteurs humains, lesquels sont sujets à de multiples fluctuations. Le recours à la statistique pour le mesurer permettait d'utiliser plusieurs instruments de mesure dans une approche de triangulation et de pondération tel que mentionné précédemment, tout en considérant un degré d'incertitude, sous une forme « d'intervalles de confiance » particulièrement. Ce principe, basé sur la théorie statistique de la décision, permettait à tout le moins d'avoir un regard jugé plus objectif sur les résultats en évitant une sorte d'optimisme naïf sur la performance de la méthodologie proposée pour l'élévation du NDS. Il souscrivait à la validation interne des résultats. Il est vrai qu'il aurait été possible de choisir d'autres valeurs

⁵³ Par exemple, il est probable qu'une personne serait tentée de répondre affirmativement à une question lui demandant directement si elle s'est améliorée alors que ce ne serait peut-être pas le cas en réalité, car montrer une amélioration « paraît bien ».

pour les divers paramètres statistiques menant à des résultats sensiblement différents sans toutefois modifier les conclusions. Mais la valeur des paramètres a été fixée d'une manière jugée conservatrice et réaliste. Par exemple, évaluer un NDS à « $\pm 0,5$ » par les différents instruments de mesure et l'usage des paramètres statistiques $\alpha = 0,1$ et $\beta = 0,25$ apparaissaient raisonnables. Il faut mentionner que dans toutes études statistiques, la valeur de ces paramètres est déterminée à la discrétion du chercheur. Du côté pratique, une refonte des différents instruments de mesure pourrait être effectuée dans le but de simplifier la mesure du NDS et rendre l'outil plus facilement utilisable dans l'entreprise, le cas échéant.

Mais à quel degré est-ce utile pour l'entreprise de mesurer le NDS que ses acteurs du DP accordent au DC? Les résultats de la présente recherche tendent à attribuer une grande utilité à ce type d'évaluation. Le NDS pourrait servir d'indicateur afin d'identifier les acteurs les plus enclins à s'investir dans le DC et ainsi faciliter leur sélection à un exercice de génération de concepts (GC) par exemple. Suivre l'évolution de la valeur du NDS avec le temps pourrait servir à vérifier la « santé » en conception de l'équipe de DP et apporter les correctifs adéquats le cas échéant. Le NDS pourrait enfin être employé pour sélectionner les gestionnaires de DP, qui détiennent un rôle prépondérant en DP et notamment dans l'élévation du NDS des concepteurs. Le NDS et ses méthodes de mesure représentent des **contributions originales** de la présente recherche pouvant être mises à profit rapidement par les praticiens du DP. Les outils pourraient aussi faire l'objet d'une recherche future afin d'être bonifiés et validés davantage considérant le grand potentiel à la stimulation de l'innovation.

Réponse à la question de recherche

L'activité d'élévation de sens, nommément l'entrevue de groupe, utilisant le MSDP comme artefact de réification du DC, telle qu'elle s'est déroulée avec les aléas connus, n'a pas permis de soutenir avec une forte certitude que l'activité apporterait les résultats escomptés. Cependant, la conclusion demeure plausible, comme quoi il est possible d'agir positivement sur les acteurs du DP de manière à augmenter leur désir d'investissement en DC et possiblement leur performance en DC, mais elle gagnerait à être validée dans de meilleures conditions. L'approche utilisée pour élever le NDS accordé au DC par les acteurs du DP, apparaissait plus efficace avec certains profils (ou archétypes) et elle ne permettrait d'élever le

NDS que lorsque ce dernier se situerait sous un certain niveau (NDS = 2). L'approche serait également plus efficace avec les concepteurs. Il est possible par contre que l'élévation du NDS mesuré pour certains cas n'exprimait, tout compte fait, qu'une variation « normale » du NDS telle que représentée graphiquement sur la figure 5.2. Toutefois, l'utilisation des distributions de probabilité permettait d'augmenter la confiance qu'il s'agissait bel et bien d'une variation « exceptionnelle » causée par la séance d'élévation du NDS, nommément l'entrevue de groupe.

À long terme, 4 participants sur 8 répondants ayant participé à l'entrevue de groupe ont conservé ou atteint un NDS supérieur à celui qu'ils détenaient avant l'entrevue de groupe. Ces acteurs semblaient détenir un NDS « plus ancré » à l'égard du DC. Le temps n'aurait donc pas agi défavorablement sur eux contrairement à 2 autres participants, mais pour quelles raisons? Est-ce que davantage d'interventions du doctorant avec les participants aurait fait une différence? Est-il possible que l'entreprise, détenant un NDS global inférieur par rapport au DC et en l'absence de « créateurs de sens » du DC, ait contribué à rabaisser le NDS des acteurs du DP à ce niveau global par un phénomène de pression culturelle (associé à la culture d'entreprise? La culture est en effet une source de sens [Autissier et Wacheux, 2007]. Mintzberg mentionne d'ailleurs que la culture « unifie et galvanise les troupes », mais qu'elle peut être difficile à changer [Mintzberg, 2013]. Passer d'une culture plus « conventionnelle » à une culture de l'innovation est en effet laborieux à accomplir tel que relaté dans la section 2.1.3. Est-ce possible qu'une sorte de « masse critique » d'acteurs du DP devrait être créée pour maintenir le NDS des acteurs du DP à l'égard du DC à des niveaux supérieurs dans l'entreprise? Est-ce que des interventions régulières favorisant l'élévation du NDS pourraient être nécessaires pour maintenir le NDS des acteurs à des niveaux jugés acceptables? En publicité par exemple, quand les messages publicitaires sont trop espacés, le phénomène de l'oubli s'installe et le travail de persuasion doit être refait lors de chaque message [Darmon *et al.*, 1990]. Serait-il donc envisageable de publiciser le DC sur une base régulière et rapprochée pour le « vendre » aux acteurs de DP? Autissier et Wacheux suggèrent d'ailleurs le recours à la science du marketing et notamment l'exploration de la technique de la publicité pour supporter la création de sens [Autissier et Wacheux, 2007]. Est-il possible enfin qu'après avoir semé dans la tête des individus l'idée de l'importance du DC lors de la séance de création de

sens, qu'un temps de « gestation » ou de « germination » soit nécessaire? Le NDS du participant « S » a d'ailleurs augmenté non pas à court terme mais à long terme. La présente recherche ne permet définitivement pas de répondre clairement à ces questions qui exigent une étude plus approfondie.

Le MSDP, une **contribution originale** de la présente recherche, s'est donc avéré un outil utile pour élever le NDS que les acteurs accordent au DC au moyen d'une séance de groupe mettant en interaction des acteurs du DP. Cette forme de séance représente elle-même une autre **contribution originale**. Il est possible dans l'immédiat pour les décideurs du DP de s'approprier ces outils tels quels, les faire évoluer, les améliorer au gré de leur quête d'amélioration de la performance de leur équipe de DP. Le recours à la mise en œuvre du MSDP semble donc prometteur selon les résultats de la présente recherche, tout en gardant à l'esprit que l'approche utilisée demeure perfectible.

À propos du **4^e objectif de recherche** « Valider le MSDP auprès des acteurs du DP », le MSDP détiendrait une validité interne sur le terrain puisque l'ensemble des 15 participants aux entrevues de groupe percevaient le MSDP, à la lumière des commentaires reçus, comme représentant assez justement leur pratique. Par exemple, des participants ont utilisé le MSDP pour expliquer à leur manière des problèmes qu'ils ont vus ou vécus en DP. D'autres participants ont adhéré au MSDP au point de le transposer dans différents domaines. Des participants ont mentionné que le MSDP permettait de visualiser rapidement quelles sont les étapes qui devraient être suivies en DP et d'identifier les « zones » pouvant être améliorées. Pour un participant, le MSDP apparaît évident mais il lui fait prendre conscience que les éléments du MSDP devraient transparaître dans ce qui est livré aux clients.

En réponse au **5^e objectif de recherche** « Développer et expérimenter une démarche permettant de présenter, d'utiliser et de faire évoluer le MSDP auprès d'une équipe d'acteurs de DP pour réifier le sens du DC et le faire comprendre », la démarche de création de sens, c.-à-d. l'entrevue de groupe, consistait à présenter le MSDP (en quelques versions) intégré à une présentation Powerpoint structurant l'animation de la séance auprès des participants. Le MSDP a été présenté par le doctorant afin de le rendre intelligible aux yeux des participants,

puis une discussion ouverte et constructive à l'égard de la performance en DP a été suscitée. Il n'a pas été possible toutefois, pour les raisons expliquées dans la section relative aux aléas de la recherche, de faire évoluer le MSDP en impliquant cette fois les participants dans la modélisation.

En réponse au **6^e objectif de recherche** « Connaître ce que le MSDP a pu susciter ou produire chez les acteurs du DP, au-delà du sens mentionné », pour certains participants à la recherche, le MSDP a montré le partage de l'information, que tout est relié, que tous les acteurs s'influencent les uns les autres. D'autres participants ont conféré au MSDP une sorte de « pouvoir de persuasion ». Ils reconnaîtraient ainsi implicitement la capacité du MSDP à élever le NDS, pas nécessairement celui associé au DC cependant. Enfin, le MSDP susciterait les échanges entre les acteurs du DP et il permettrait des prises de conscience sur les façons de procéder en DP.

L'activité de génération de concepts (GC), une **contribution originale** de la présente recherche, conçue et organisée par le doctorant en collaboration avec le participant « A », a permis d'exposer le degré de motivation des participants de l'entreprise E1. Elle a été appréciée par plusieurs participants. De plus, elle a permis de générer plusieurs concepts très différents. Elle a pu mettre en évidence le rôle important du décideur de déclencher la GC au bon moment. Mais elle a aussi montré l'impact de la capacité d'un décideur à évaluer adéquatement la valeur d'un concept et que cette valeur n'est fixée finalement que par le client, telle que Womack et Jones le prétendent [Womack et Jones, 1996]. Comme expliqué dans la section 5.4, le participant « A » a essuyé un refus du client pour le concept présenté alors qu'il croyait satisfaire pleinement les besoins du client. Cet échec a nécessité une nouvelle activité de GC non prévue cette fois, car 2 passes « budgétées » avaient été utilisées pour obtenir le concept considéré « vendable ». Il faut souligner ici que les résultats de la simulation par la méthode de Monte Carlo suggéraient d'effectuer au moins « 2 passes » de GC pour augmenter la probabilité d'obtenir un concept de plus grande valeur. Le simulateur de DC avaient permis de montrer l'importance pour un décideur de savoir évaluer le plus justement possible la valeur d'un concept sans quoi, il fallait prévoir des coûts additionnels de développement. Enfin, les résultats de l'activité de GC mettent en relief une certaine

déficience des gestionnaires de DP de l'entreprise E1 à l'égard du DC, ne démontrant pas de dispositions à organiser et animer ce genre d'activité. Par ailleurs, l'activité de GC vérifierait partiellement que la performance en GC des acteurs du DP soit reliée au NDS accordé au DC par ces mêmes acteurs tel que supporté par la théorie du *sensemaking* expliqué au chapitre 2. En effet, les NDS des acteurs du DP ayant participé à l'activité de GC correspondaient grosso modo au niveau situé à la « motivation - intérêt » (NDS = 2), reflétant le comportement observé et la performance obtenue.

La méthodologie de GC élaborée dans la présente recherche est un outil disponible qui pourrait être aisément opérationnalisé, de par sa simplicité, par les gestionnaires du DP. Sous ses dehors simplistes, la méthodologie repose néanmoins sur des principes fondamentaux favorisant la créativité et le plaisir de concevoir. Sur le terrain, la méthodologie a permis une mobilisation des acteurs du DP, le réveil d'un potentiel latent au sein de l'équipe de DP de l'entreprise E1.

Finalement, la recherche sur le terrain supporte l'hypothèse à l'effet que les décideurs du DP devraient être sélectionnés avec une attention particulière, proportionnellement à l'impact qu'ils peuvent effectivement exercer sur le DC. De plus, il n'est pas suffisant d'accorder un NDS élevé envers le DC, bien que ce soit fondamental. Les décideurs devraient aussi détenir les capacités cognitives suffisantes et les utiliser adéquatement, maîtriser la façon d'élever le NDS des acteurs du DP et la façon de favoriser une GC efficiente et efficace.

Les entreprises E1 et E2 se sont confirmé des terrains de recherche appropriés. Elles offraient les opportunités nécessaires afin de mettre en œuvre le MSDP. Néanmoins, certains événements imprévisibles ont limité la portée de la recherche. Le chercheur n'avait aucun contrôle sur ce genre d'événement propre aux firmes œuvrant en DP (perte de contrat, financement inadéquat, etc.) et reflétant finalement la réalité de la pratique. Par ailleurs, il aurait été bénéfique pour la recherche de poursuivre l'étude dans d'autres entreprises et d'en prolonger la durée. Néanmoins, même si la collecte de données s'est avérée limitée, elle a permis de répondre à la question de recherche. En fait, cette étude aurait dû se réaliser sur plusieurs années, mais au final, elle n'aurait toujours que reflété la réalité de deux entreprises,

sans jamais pouvoir représenter la réalité de l'ensemble des entreprises sur toute leur durée de vie.

7.1.5 La simulation du MSDC

La simulation se voulait d'une part un exercice de synthèse et d'autre part, une extension de la présente recherche dans un mode exploratoire en articulant les notions explicitées de manière interactive, en accéléré, afin d'indiquer d'autres voies à explorer éventuellement. Le simulateur créé constituait une première tentative de représentation du comportement dynamique du DC, le centre des préoccupations de la présente recherche, pour montrer des relations possibles entre diverses notions vagues. Cela ne représentait qu'une étape initiale vers une rationalisation, inspirée d'une approche utilisée dans l'étude des sciences dites imprécises. C'est principalement la fonction exploratoire de la simulation qui a été mise à contribution. Van der Maren suggère d'ailleurs en recherche appliquée ou fondamentale dans la préparation d'un cadre conceptuel ou théorique, de recourir à la simulation avant de passer à l'action pour éviter des erreurs coûteuses dans la réalité [Van der Maren, 1996]. De son côté, de Rosney voit les simulateurs comme « des sortes de laboratoires sociologiques portatifs » permettant de faire des expériences sans engager des ressources importantes [de Rosney, 1975]. Ils permettent de jouer avec le modèle [Moles, 1995] et d'apprécier l'effet de changements de divers paramètres sur la performance en DC de multiples façons, en temps accéléré et de manière dynamique. De par sa fonction didactique [Van der Maren, 1996], la simulation permettrait d'approfondir les idées présentées de façon à mieux les saisir, à mieux les intégrer, favorisant une compréhension holistique du phénomène. Une observation « statique » sur une feuille de papier par exemple limiterait une telle exploration. Ne s'arrêter qu'au diagramme du MSDC n'aurait permis que de figurer certains comportements potentiels du système, mais l'analyse serait demeurée limitée entre autres parce que, selon Moles, le fonctionnement global du système échappe à l'humain, bien que chaque étape ou partie lui soit intelligible [Moles, 1995] (voir la section 6.3 à ce sujet). Par ailleurs, les résultats de simulations font s'interroger sur les hypothèses et les choix effectués pour la construction des modèles sur lesquels repose le simulateur. En effet, « l'interaction entre utilisateur et modèle développe l'intuition des interdépendances et permet de mieux prévoir les réactions du modèle » [de Rosney, 1975]. L'ordinateur est utilisé ici à un niveau qualitatif voulant chercher

des « tendances auparavant inobservables » [de Rosney, 1975]. Comme les décisions d'investissement et d'innovation reposent nécessairement sur des prédictions à l'égard du futur, la simulation est une façon de « s'amuser » avec ce futur, pour créer une connaissance à l'avance, compressant le temps d'apprentissage et améliorant la valeur de la connaissance actuelle [Miller et Morris, 1999].

La simulation du MSDC, constituant un raffinement du MSDP, a contribué à l'approfondissement de la connaissance du DC en permettant d'observer des comportements potentiels du DC à long terme, ce que la recherche du terrain n'avait pas permis étant de trop courte durée. Elle s'est réalisée en utilisant plusieurs modèles mathématiques construits notamment à partir des théories mises au jour dans le chapitre 2, lesquelles donnaient une certaine crédibilité, voire une certaine validité théorique aux simulacres. Il est cependant indéniable que les modèles puissent être améliorés, les modèles n'étant jamais parfaits par définition. De fait, les résultats issus des différentes simulations ne représentent pas des conclusions « fortes », vu le caractère exploratoire de l'exercice dans le présent contexte, mais ils indiquent des chemins de recherche méritant l'attention. Il est appréhendé que la validation ou l'invalidation de ces conclusions apportent un avancement scientifique dans le domaine du DP.

Les simulations de Monte Carlo permettaient d'étudier le DC « extérieurement », en référence à l'utilisation des éléments du MSDP développé au chapitre 3 et de l'atome « DC ». Elles reposent sur un modèle en *boucle ouverte*, c.-à-d. un modèle ne contenant aucun *feed-back*. C'est en fait un modèle stochastique basé sur les distributions de probabilité dans une condition de *hasard maîtrisé* et de *régularité statistique*. « Cela suppose donner un environnement probabiliste sous-jacent, dont les caractéristiques, qui peuvent dépendre du temps, sont cependant données une fois pour toutes » [Aubin, 2005b]. Les résultats de simulation dans ce contexte représentent des effets causés par une « dynamique de système » absente, avec une notion « statique » du temps. Par exemple, les 1000 itérations réalisées permettaient de répondre à une question telle : Quelle est la probabilité d'obtenir un concept d'une valeur supérieure à « x », pour « 1 à 4 » passes de GC, avec « 1 à 5 » concepteurs choisis parmi 5 catégories de concepteur de performance « 1 à 5 », par un décideur de

performance « 1 à 5 » qui effectue le choix? On peut déterminer à quelle probabilité un résultat peut être obtenu sans notion au temps mais cela constitue une situation idéalisée car d'une part dans le contexte réel, les distributions de probabilité sont peu connues voire totalement inconnues et d'autre part, elles peuvent de surcroît évoluer au fil du temps. Évidemment, ce constat atténue la portée des résultats de la simulation de Monte Carlo. Néanmoins, les conclusions conservent une bonne recevabilité mais elles pourraient être bonifiées avec plus d'investigation.

À la différence des simulations de Monte Carlo, les simulations par la dynamique des systèmes auraient pu faire usage des boucles de feed-back, ce qui aurait pu permettre d'observer des changements de comportements du système dans le temps. Le DC aurait été étudié « intérieurement », en identifiant des sous composantes d'atomes du MSDP, nommément le NDS et les capacités cognitives des acteurs du DP.

Bien que le MSDC n'ait pas obtenu de validation empirique proprement dite, n'ayant pas été validé sur le terrain, les simulations réalisées ont néanmoins fournies des résultats partiellement observés pendant l'expérimentation sur le terrain. Par exemple, l'importance d'évaluer au plus juste les concepts et d'utiliser plus d'une passe de GC a pu être observée pendant l'activité de GC. La prépondérance du gestionnaire de DP a été perçue concrètement quand le participant « A » - un gestionnaire du DP - et le doctorant ont initié, préparé, lancé, animé et suivi l'activité de GC résultant à une mobilisation des participants. D'autres résultats de simulation se sont présentés comme des pistes intéressantes pour mener de futures recherches.

En termes de résultats, les simulations ont montré comment la primauté du décideur par rapport aux concepteurs en DC, telle que soulevée au chapitre 2, pouvait se manifester. Le décideur devrait posséder un NDS supérieur à l'égard du DC pour sélectionner ses concepteurs et à son tour, élever et maintenir le NDS de ceux-ci. Elles montraient également que le gestionnaire de DP aurait avantage à primer sur la qualité des concepteurs qu'il sélectionne plutôt que sur leur nombre. Le gestionnaire de DP devrait encourager les

concepteurs à produire plus d'un concept pour un même produit. Enfin, les simulations se sont présentées comme une manière de donner du sens à « donner du sens » au DC.

Le *concept* de « simulateur du MSDC » a été développé pendant la présente recherche. Il constitue un exemple de ce qui pourrait être considéré comme un outil évolué d'élévation du NDS accordé au DC par les acteurs du DP, visant notamment les décideurs. Il représente une **contribution originale** de la présente recherche.

7.2 Résumé des contributions originales des travaux

- La présente recherche a contribué d'abord à soutenir la position de plusieurs chercheurs à l'effet que le DC est un lieu de grand potentiel pour l'amélioration du DP. Elle a de plus montré les difficultés inhérentes au réveil de ce potentiel en usant de théories issues de la psychologie, des sciences cognitives et des sciences de la conception. À cet égard, la plus grande contribution pourrait être celle relative à l'explication de la complexité du « concept de produit » et de son importance dans la perspective du travail de l'ingénieur.
- La recherche a répertorié un ensemble d'arguments en faveur de la prépondérance du rôle du gestionnaire de DP dans le système de DP. Les simulations effectuées par la méthode de Monte Carlo ont contribué à illustrer ce point. Le gestionnaire de DP se présenterait comme l'acteur clé du DC et à ce titre, il devrait susciter l'attention de la haute direction pour le sélectionner et le supporter dans ses tâches.
- La méthode HAZOP, utilisée de façon originale pour le raffinement du MSDP, s'est avérée efficace pour vérifier et améliorer l'aptitude du MSDP à expliquer des comportements. Elle favorise une confrontation du modèle avec le phénomène réel en permettant de bâtir un répertoire d'explications relatif à des comportements variés du système soumis à des perturbations.
- Le MSDP développé ainsi que sa mise en œuvre au moyen d'une séance de groupe mettant en interaction des acteurs du DP constituent des contributions originales de la présente recherche. Ils se sont avérés des outils utiles pour élever le NDS que les acteurs accordent au

DC. Il est possible dès maintenant pour les décideurs du DP d'opérationnaliser ces instruments.

- Le NDS et les méthodes pour sa mesure élaborées dans la présente recherche constituent une contribution originale des travaux. Il est possible d'ores et déjà pour les praticiens du DP de s'en approprier rapidement afin d'identifier les acteurs les plus enclins à s'investir dans le DC, de suivre l'évolution de la valeur du NDS avec le temps et d'apporter les correctifs adéquats le cas échéant.
- La méthodologie de GC développée et utilisée pendant la recherche sur le terrain pourrait être mise à profit aisément par les acteurs du DP. Il s'agit d'une approche apparaissant simple au premier abord mais reposant néanmoins sur des principes fondamentaux favorisant la performance en conception.
- Le simulateur du MSDC est un tribut de la présente recherche. Il représente un « engin » d'apprentissage et d'exploration du DC. Le développement de simulateurs et leurs validations pourraient ouvrir la voie vers de nouvelles connaissances en DP. Les simulateurs pourraient également représenter un outil suppléant le MSDP pour élever le NDS à l'égard du DC des acteurs du DP dont le NDS est égale ou supérieur à 2.

7.3 Nouvelles perspectives de recherche

Dans le prolongement de l'actuelle recherche, il serait intéressant d'étudier l'effet de plusieurs séances d'élévation du NDS que les acteurs du DP accordent au DC sur une plus longue période, de l'ordre de 4 à 5 ans, vu le temps de réponse extrêmement long attribué à l'effet des améliorations apportées aux systèmes de DP comme mentionné au chapitre 6, avec différentes équipes de DC œuvrant au sein de différentes entreprises selon une étude de cas multiples. Des réponses pourraient être obtenues sur la fréquence et la durée adéquate de ces séances. Par la même occasion, il serait suggéré cette fois de faire évoluer le MSDP en impliquant les praticiens, ce qui n'a pu se réaliser dans le cadre de la présente recherche. Serait-il possible ainsi d'élever ce NDS ou de le maintenir à des niveaux adéquats, résultant à des performances

supérieures en DC et à des produits incomparables, lesquels pourraient être confirmés formellement?

Afin de démontrer le réel apport de l'approche d'élévation de sens prônée par la présente recherche, il y aurait un intérêt scientifique à comparer les performances en DP de différentes équipes, les unes utilisant une approche systémique pour élever le NDS de ses acteurs envers le DC telle celle proposée dans la présente recherche, les autres identifiées comme base de référence et groupe témoin, n'usant que des outils et des approches habituels. Ce genre d'étude devrait toutefois se poursuivre sur une période de 4 ou 5 ans.

Il est également proposé d'effectuer une étude sur une longue période de 4 à 5 ans sur la mise en place formelle et la mise à jour régulière d'une banque centralisée de concepts au sein de plusieurs entreprises, dans laquelle chaque concept se verrait attribuer une valeur tenue à jour, et ce, en considérant l'obsolescence. Quelles seraient les conditions d'efficacité d'une telle banque? Quelle serait sa réelle capacité d'indiquer précocement d'éventuels problèmes avec les produits?

Poursuivre la recherche dans d'autres domaines du DP, du génie ou d'autres disciplines, en appliquant le MSDP et l'approche d'élévation de sens en les adaptant au besoin, élargirait la compréhension du phénomène d'élévation de sens et pourrait apporter des réponses à l'amélioration de la performance d'autres systèmes impliquant des « concepteurs » et des « décideurs ». Certains résultats apparaissent en effet exportables vers les domaines impliquant la conception: conception de procédés, de processus, de services, de plans d'intervention, de plans de soins, de procédures, de protocoles, etc. Cela permettrait de vérifier un degré de généralisation de la présente recherche en contribuant à la validation externe de ses résultats.

Enfin, plusieurs études pourraient être entreprises afin de perfectionner et valider les modèles mathématiques animant les simulateurs de DC. D'autres paramètres, interrelations, boucles de feedback, fonctions de transfert ou délais pourraient être utilisés au besoin dans les simulateurs. Ces recherches pourraient s'effectuer en impliquant des praticiens du DP. Le but

de ces études serait la création de simulateurs aisément opérables par les praticiens. Ces simulateurs pourraient être utilisés comme des outils évolués de création de sens surpassant le MSDP et ciblant particulièrement les gestionnaires du DP, pouvant servir autant à l'apprentissage en « mode accéléré » qu'à l'élévation du NDS accordé au DC et ultimement, à l'amélioration de la qualité du DC.

7.4 Mot de la fin

Une compréhension intime de la portion créative du travail de l'ingénieur en mécanique est apparue importante pour mener à bien cette recherche doctorale. Pour ce faire il a semblé fondamental qu'une telle étude soit initiée par un ingénieur praticien dont le vécu professionnel permettait de jeter les bases de la problématique, celle-ci aboutissant à la définition du projet de recherche dans la perspective disciplinaire du génie mécanique.

L'une des tâches principales de l'ingénieur en mécanique consiste à concevoir des produits. Or dans certains contextes, la conception, perçue ici comme une science imprécise, peut rendre l'ingénieur démuni étant peu préparé à œuvrer dans un domaine plus abstrait et dont les données sont vagues. Le doctorant aura voulu contribuer à combler cette lacune.

Mieux performer dans un domaine, peu importe la discipline, commence par une intention, voire une passion, à une prise de conscience menant à une remise en question de ses schèmes de pensée, au désir de s'investir et de consacrer les efforts nécessaires. Ainsi, équiper les acteurs du développement de produits des meilleurs outils de conception quels qu'ils soient, comme il est souvent proposé pour améliorer leur performance, est vain si l'acteur du développement de produits ne détient pas, à la base, le *niveau de sens* suffisant pour s'en approprier.

Au fond et en terminant, cette thèse consistait fondamentalement à donner du sens à « donner du sens » au développement de concepts avant d'imposer aux concepteurs une panoplie d'outils d'aide à la conception. Le paradoxe est qu'elle propose, elle aussi, des outils pour y parvenir!

ANNEXE A

OUTILS DE CONCEPTION DU MSDP

A1. Chiffriers QFD relatifs au MSDP

Tableau A.1 Hiérarchisation des besoins

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T |
| A | | A-2 | A-1 | A-3 | A-1 | F-1 | G-1 | A-3 | I-1 | J-3 | K-1 | L-1 | M-1 | A-1 | A-1 | A-1 | A-1 | R-1 | A-1 | A-1 |
| B | | | C-1 | B-2 | B-1 | F-3 | G-3 | C-1 | I-2 | J-3 | K-1 | L-1 | M-1 | N-1 | O-1 | P-1 | Q-1 | R-3 | S-1 | T-1 |
| C | | | | C-3 | C-1 | F-3 | G-3 | C-1 | I-2 | J-2 | K-1 | J-3 | M-1 | N-1 | O-1 | P-1 | Q-1 | R-2 | S-1 | T-1 |
| D | | | | | E-1 | F-3 | G-3 | H-1 | I-3 | J-3 | K-1 | L-1 | M-2 | N-2 | O-2 | P-2 | Q-2 | R-2 | S-1 | T-2 |
| E | | | | | | F-3 | G-3 | H-1 | I-2 | J-3 | K-1 | L-1 | M-1 | N-1 | O-1 | P-1 | Q-1 | R-1 | S-1 | T-1 |
| F | | | | | | | F-1 | F-3 | I-2 | J-3 | K-1 | L-1 | M-1 | N-1 | F-1 | F-1 | F-1 | R-1 | F-1 | F-1 |
| G | | | | | | | | G-2 | I-3 | J-3 | K-2 | L-2 | M-2 | N-1 | G-1 | G-1 | G-1 | R-1 | G-1 | G-1 |
| H | | | | | | | | | I-3 | J-3 | K-3 | L-3 | M-3 | N-1 | O-1 | P-1 | Q-2 | R-3 | S-1 | T-3 |
| I | | | | | | | | | | J-3 | I-1 | L-1 | M-1 | I-1 | I-2 | I-3 | I-2 | I-1 | I-3 | I-1 |
| J | | | | | | | | | | | J-3 | J-1 | J-3 | J-3 | J-3 | J-3 | J-3 | J-2 | J-3 | J-2 |
| K | | | | | | | | | | | | L-1 | M-1 | K-1 | K-1 | K-1 | K-1 | K-1 | K-2 | K-1 |
| L | | | | | | | | | | | | | M-1 | L-2 | L-2 | L-2 | L-3 | L-1 | L-3 | L-1 |
| M | | | | | | | | | | | | | | M-1 | M-1 | M-1 | M-2 | M-1 | M-2 | M-1 |
| N | | | | | | | | | | | | | | | N-1 | N-1 | N-1 | R-1 | N-1 | N-1 |
| O | | | | | | | | | | | | | | | | O-1 | Q-1 | R-2 | S-1 | O-1 |
| P | | | | | | | | | | | | | | | | | Q-1 | R-2 | S-1 | P-1 |
| Q | | | | | | | | | | | | | | | | | | R-3 | Q-3 | Q-1 |
| R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | R-3 | R-1 |
| S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | T-3 |
| T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Compilation | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T |
| From column | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 13 | 13 | 2 | 18 | 26 | 11 | 12 | 15 | 8 | 5 | 6 | 9 | 22 | 7 | 11 |
| From row | 16 | 3 | 5 | 0 | 0 | 9 | 7 | 0 | 14 | 26 | 8 | 14 | 9 | 5 | 2 | 1 | 4 | 4 | 0 | 0 |
| TOTAL | 16 | 3 | 6 | 0 | 1 | 22 | 20 | 2 | 32 | 52 | 19 | 26 | 24 | 13 | 7 | 7 | 13 | 26 | 7 | 11 |

Tableau A.2 QFD - Maison 1

| CTS (Needs) | CTS Weights (9 very, 3 mod., 1 not important) | Engineering Competitive Assessment | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------------------|--|--------------------|----------------------------------|---|---|---|-----------------------------|--|------------------|-----------------------------|----------------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|--|---|
| | | Nombre de demandes de brevet | Nombre d'idées capturées | Nombre d'idées mises en oeuvre | Nombre de communications échangées | Nombre de compétences détenues | Nombre d'heures d'ingénierie | Valeur de l'innovation | Indice de livrables complétés | Taille de la mémoire des connaissances | Marge bénéficiaire | Nombre de révisions de processus | Nombre de concepts proposés par système | Nombre d'itérations réalisées par concept | Nombre d'interventions par acteur de conception par concept | Ratio de matière recyclable | Quantité d'énergie dépensée par le procédé | Poids du produit | Valeur du risque d'accident | Ratio de la part du marché | Satisfaction des acteurs de la conception | Résultat performance globale (PGP) | Résultat de comportement (PGP) | Nombre de communautés de pratique | Nombre de célébrations de bons coups | Niveau de satisfaction de l'employé | Niveau de satisfaction du client | Nombre de bonnes pratiques appliquées | Nombre de bonnes pratiques développées | |
| L'innovation de produits s'effectue sur une base régulière | 5,21% | 9 | 3 | 9 | 3 | 0 | 0 | 3 | 1 | 1 | 3 | 0 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 1 | 0 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| Les idées sont gérées | 0,98% | 1 | 9 | 9 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 9 | 9 | |
| Les connaissances sont gérées | 1,95% | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 9 | 9 | |
| Les processus sont appliqués | 0,00% | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 9 | 9 | |
| Les processus sont améliorés | 0,33% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 9 | |
| Les marges bénéficiaires sous augmentées | 7,17% | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 9 | 3 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 3 | 0 | 1 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| L'avance sur les concurrents est conservée | 6,51% | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| Les divisions et les fonctions coopèrent | 0,65% | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 9 | 9 | |
| L'environnement est respecté (développement durable) | 10,42% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 9 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | |
| Le travail est effectué de façon sécuritaire | 16,94% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Les valeurs d'entreprise sont respectées | 6,19% | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 | 3 |
| Le code d'éthique est respecté | 8,47% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 3 | 9 | 9 | 0 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | |
| La personne est privilégiée | 7,82% | 0 | 1 | 1 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 9 | 0 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 0 | 0 | 0 | |
| Le travail s'effectue en équipe | 4,23% | 0 | 1 | 1 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 9 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | |
| La passion du succès est omniprésente | 2,28% | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 3 | 9 | 9 | 9 | |
| Les acteurs sont stimulés par l'atteinte des résultats | 2,28% | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 3 | 9 | 9 | 9 | |
| Les produits conçus sont légers | 4,23% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | |
| Les produits conçus sont de qualité | 8,47% | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | |
| Les produits conçus sont lean | 2,28% | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Les compétences sont développées | 3,58% | 3 | 1 | 1 | 3 | 9 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 9 | |
| Objective Target Values | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Engineering Competitive Assessment | Better 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Worse 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Raw score | 1,18 | 1,00 | 1,38 | 1,07 | 1,31 | 1,61 | 1,20 | 0,89 | 0,90 | 1,80 | 0,61 | 1,24 | 1,40 | 1,52 | 1,98 | 2,34 | 2,16 | 2,93 | 1,36 | 1,80 | 3,13 | 2,93 | 2,27 | 1,61 | 1,28 | 2,21 | 1,45 | 1,45 | | |
| Weight | 3% | 2% | 3% | 2% | 3% | 4% | 3% | 2% | 2% | 4% | 1% | 3% | 3% | 3% | 4% | 5% | 5% | 6% | 3% | 4% | 7% | 6% | 5% | 3% | 3% | 5% | 3% | 3% | | |

Tableau A.3 QFD - Maison 2

| CTQ, D,C | CTQ/D, C Weight (9= very , 3 mod., 1 not important) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------------------------|---------------------------|-------------|---------|------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------|-------------------|-----------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| | | Concevoir une organisation | Créer un climat favorable | Communiquer | Coacher | Créer une équipe | Gérer des ressources | Gérer les talents | Gérer les changements | Gérer les connaissances | Développer des compétences | Améliorer l'organisation | Rétroagir | Vailler le marché | Gérer les idées | Gérer des concepts | Concevoir un produit | Valider un produit | Fabriquer un produit | Introduire le produit | Vailler la science et la technologie |
| Nombre de demandes de brevet | 3% | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 0 | 0 | 9 |
| Nombre d'idées capturées | 2% | 9 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 0 | 9 | 1 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 |
| Nombre d'idées mises en oeuvre | 3% | 9 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 9 | 9 | 1 | 9 | 9 | 3 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 0 | 9 |
| Nombre de communications échangées | 2% | 9 | 9 | 9 | 3 | 9 | 3 | 3 | 9 | 9 | 3 | 9 | 9 | 3 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 9 | 3 |
| Nombre de compétences détenues | 3% | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 0 | 9 |
| Nombre d'heures d'ingénierie | 4% | 9 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 | 3 | 9 | 9 | 0 | 3 | 3 | 9 | 9 | 0 | 0 | 9 |
| Valeur de l'innovation | 3% | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 3 | 0 | 3 | 9 | 9 | 9 | 3 | 9 | 9 | 9 |
| Indice de livrables complétés | 2% | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 9 | 3 | 3 | 0 | 0 | 3 | 9 | 0 | 0 | 0 | 3 | 9 | 0 | 0 | 0 |
| Taille de la mémoire des connaissances | 2% | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 | 3 | 9 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 0 | 9 |
| Marge bénéficiaire | 4% | 9 | 3 | 0 | 1 | 1 | 9 | 3 | 3 | 0 | 1 | 9 | 0 | 0 | 1 | 1 | 9 | 3 | 9 | 9 | 3 |
| Nombre de révisions de processus | 1% | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 9 | 0 | 0 | 9 | 9 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 | 0 | 3 |
| Nombre de concepts proposés par système | 3% | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 3 | 3 | 9 | 9 | 3 | 3 | 9 | 9 | 3 | 9 | 0 | 9 |
| Nombre d'itérations réalisées par concept | 3% | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 9 | 3 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| Nombre d'interventions par acteur de conception par concept | 3% | 9 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 9 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| Ratio de matière recyclable | 4% | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 9 | 1 | 0 | 0 | 9 |
| Quantité d'énergie dépensée par le procédé | 5% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 9 | 1 | 9 | 0 | 9 |
| Poids du produit | 5% | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 9 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 9 | 1 | 0 | 0 | 9 |
| Valeur du risque d'accident | 6% | 3 | 3 | 3 | 0 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 0 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 3 |
| Ratio de la part du marché | 3% | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 9 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 |
| Satisfaction des acteurs de la conception | 4% | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 9 | 9 | 0 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 3 | 9 |
| Résultat performance globale (PGP) | 7% | 9 | 9 | 9 | 9 | 3 | 9 | 9 | 9 | 3 | 9 | 9 | 9 | 0 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Résultat de comportement (PGP) | 6% | 9 | 9 | 9 | 9 | 3 | 9 | 9 | 9 | 3 | 9 | 9 | 9 | 0 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Nombre de communautés de pratique | 5% | 9 | 9 | 9 | 3 | 9 | 9 | 9 | 0 | 9 | 9 | 3 | 9 | 9 | 9 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 |
| Nombre de célébrations de bons coups | 3% | 9 | 9 | 9 | 1 | 0 | 3 | 9 | 3 | 0 | 0 | 9 | 9 | 0 | 3 | 3 | 0 | 9 | 3 | 3 | 0 |
| Niveau de satisfaction de l'employé | 3% | 9 | 9 | 9 | 9 | 3 | 9 | 9 | 9 | 3 | 9 | 9 | 9 | 0 | 3 | 3 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 |
| Niveau de satisfaction du client | 5% | 9 | 3 | 3 | 1 | 0 | 3 | 9 | 9 | 0 | 0 | 9 | 9 | 0 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Nombre de bonnes pratiques appliquées | 3% | 9 | 3 | 0 | 9 | 0 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 0 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Nombre de bonnes pratiques développées | 3% | 9 | 3 | 0 | 9 | 0 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Raw score | 6.38 | 4.29 | 3.39 | 3.99 | 2.23 | 5.06 | 6.32 | 5.89 | 4.13 | 4.23 | 6.38 | 6.68 | 2.16 | 3.74 | 3.74 | 6.65 | 4.76 | 4.84 | 4.01 | 6.95 |
| | Weight | 0.07 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.02 | 0.05 | 0.07 | 0.06 | 0.04 | 0.04 | 0.07 | 0.07 | 0.02 | 0.04 | 0.04 | 0.07 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.07 |

A2. Exemple de grille HAZOP pour l'analyse du MSDP

Tableau A.4 Grille HAZOP - Analyse du MSDP- « Réservoir de concepts »

| Date: | | | | | | | | | |
|---|--------------|-------------|---|--|---|---|--------------------------|---|--------------|
| Ligne ou élément: Réservoir de concepts | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| N° | Mot clé | Paramètre | Dérive | Causes | Conséquences | Détection | Sécurité existantes | Propositions d'amélioration | Observations |
| 1 | Moins | Fréquence | Renouvellement et mise à jour des concepts peu fréquent. | Exploration du marché déficiente. Feed-back du système opérant déficient. Système d'information déficient. Développement de concepts déficients. | Baisse du niveau d'innovation. Baisse de qualité de la conception. Hausse des coûts de fabrication. | Nombre mensuel de nouveaux concepts par origine (amont ou aval). Nombre mensuel de concepts transformés en modèles 3D. | Système de coordination. | Site Intranet d'accès à la banque de concepts avec compteur de fréquence de consultation. Affichage des nouveaux concepts dans un endroit dédié. | |
| 2 | Moins | Débit | Faible utilisation des concepts. | Décision du système de coordination. Diffusion déficiente des concepts. | Baisse du niveau d'innovation. Baisse de qualité de la conception. Hausse des coûts de fabrication. | Nombre mensuel de concepts transformés en modèle 3D. | Système de coordination. | Site Intranet d'accès à la banque de concepts avec compteur de fréquence de consultation. Affichage des nouveaux concepts dans un endroit dédié. | |
| 3 | Moins | Niveau | Carence de concepts. | Exploration du marché déficiente. Feed-back du système opérant déficient. Manque de ressources dédiée à l'exploration du marché. Problème de communication entre le système de coordination et le système opérant. Développement de concepts déficients. | Baisse du niveau d'innovation. Baisse de qualité de la conception. Hausse des coûts de fabrication. | Nombre mensuel de nouveaux concepts par origine (amont ou aval). Nombre mensuel de concepts transformés en modèles 3D. | Système de coordination. | Avoir des experts en conception oeuvrant au sein des communautés de pratique. Détecter et communiquer au système de coordination les concepts trouvés dans le système d'opération. | |
| 4 | Moins | Performance | Faible performance du réservoir de concepts (accès difficile, faible qualité des explications). | Manque de ressources compétentes. Manque de ressources financières. Système d'information déficient. | Baisse du niveau d'innovation. Baisse de qualité de la conception. Hausse des coûts de fabrication. | Nombre mensuel de concepts transformés en modèle 3D. | Système de coordination. | Site Intranet d'accès à la banque de concepts avec compteur de fréquence de consultation. Affichage des nouveaux concepts dans un endroit dédié. | |
| 5 | Ne pas faire | Valeur | Concepts sans valeur | Manque de créativité. Climat de travail non propice. Manque de temps. Manque d'outils de créativité. Manque de collaboration et communication. | Baisse du niveau d'innovation. Baisse de qualité de la conception. Hausse des coûts de fabrication. | Valeur des concepts basée sur des critères pré établis (évaluation en collectivité des concepts avec la matrice de Pugh). | Système de coordination. | Établir des critères d'évaluation des concepts considérant les besoins du client. Travailler en "communauté de pratique". Utiliser un système d'information/collaboration (blog, site Intranet, "open forums"). | |

Tableau A.4 (Suite) Grille HAZOP - Analyse du MSDP- « Développement de concepts »

| Date: | | | | | | | | | |
|---|--------------|---------------|--|--|--|--|--------------------------|--|--------------|
| Ligne ou élément: Développement de concepts | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| N° | Mot clé | Paramètre | Dérive | Causes | Conséquences | Détection | Sécurité existantes | Propositions d'amélioration | Observations |
| 1 | Plus tard | Echéancier | Dépasser les échéances. | Méthodologies ou outils de développement inadéquats. Manque de compétences et de connaissances. Manque de têtes. | Baisse du niveau d'innovation. Réduction de la R&D. Baisse de performance de la conception. | Nombre mensuel d'idées transformées en concepts. | Système de coordination. | Avoir des experts en conception oeuvrant au sein des communautés de pratique. Affichage des nouveaux concepts dans un endroit dédié. | |
| 2 | Ne pas faire | Performance | Faible quantité et qualité des concepts. | Méthodologies ou outils de développement inadéquats. Manque de compétences et de connaissances. Manque de têtes. | Baisse du niveau d'innovation. Réduction de la R&D. Baisse de performance de la conception. | Nombre mensuel d'idées transformées en concepts. Valeur des concepts développés. | Système de coordination. | Avoir des experts en conception oeuvrant au sein des communautés de pratique. Établir des critères d'évaluation des concepts. Travailler en "communauté de pratique". | |
| 3 | Moins | Compétence | Manque de compétences. | Manque de ressources compétentes. Manque de ressources financières. Système d'information déficient. Manque de formation. Manque de collaboration. | Baisse du niveau d'innovation. Réduction de la R&D. Baisse de performance de la conception. | Nombre mensuel d'idées transformées en concepts. Valeur des concepts développés. Profil de compétence/connaissances des individus. | Système de coordination. | Avoir des experts en conception oeuvrant au sein des communautés de pratique. Établir des critères d'évaluation des concepts. Travailler en "communauté de pratique". | |
| 4 | Moins | Connaissances | Carence de connaissances. | Exploration du marché déficiente. Système d'information déficient. Manque de formation. Manque de collaboration. | Baisse du niveau d'innovation. Réduction de la R&D. Baisse de performance de la conception. | Nombre mensuel d'idées transformées en concepts. Valeur des concepts développés. Profil de compétence/connaissances des individus. | Système de coordination. | Avoir des experts en conception oeuvrant au sein des communautés de pratique. Établir des critères d'évaluation des concepts. Travailler en "communauté de pratique". | |
| | Plus | Têtes | Trop de têtes. | Performance élevée dans le développement de concepts. Suresstimation du nombres de têtes par le système de coordination. | Augmentation des heures de R&D. | Nombre mensuel d'idées transformées en concepts. Heures de R&D. | Système de coordination. | Avoir des experts en conception oeuvrant au sein des communautés de pratique. Établissement d'un nombre de nouveaux concepts à produire par mois selon les finalités. | |
| 5 | Moins | Têtes | Manque de têtes. | Manque de ressources compétentes. Manque de ressources financières. | Baisse du niveau d'innovation. Réduction de la R&D. Baisse de performance de la conception. | Nombre mensuel d'idées transformées en concepts. Valeur des concepts développés. | Système de coordination. | Avoir des experts en conception oeuvrant au sein des communautés de pratique. Établir des critères d'évaluation des concepts. Travailler en "communauté de pratique". | |
| 6 | Autre que | Climat | Mauvais climat de travail. | Manque de qualités humaines du gestionnaires. Manque de coopération dans la communauté de pratique. | Baisse du niveau d'innovation. Réduction de la R&D. Baisse de performance de la conception. | Nombre mensuel d'idées transformées en concepts. Valeur des concepts développés. | Système de coordination. | Avoir des experts en conception oeuvrant au sein des communautés de pratique. Utiliser un système d'information/collaboration (blog, site Intranet, "open forums"). Aménagement adéquat des bureaux. Choix de gestionnaires dont les profils sont adéquats pour l'innovation. | |
| 7 | Autre que | Décision | Mauvaise décision. | Manque de connaissances et de compétences. | Baisse du niveau d'innovation. Réduction de la R&D. Baisse de performance de la conception. Occasion d'apprendre. | Nombre mensuel d'idées transformées en concepts. Valeur des concepts développés. | Système de coordination. | Permettre les erreurs et apprendre de ces erreurs. | |

ANNEXE B

PARTICIPANTS À LA RECHERCHE

Tableau B.1 Description des participants à la recherche

| PARTICIPANT | ENTREPRISE | POSTE OCCUPÉ | SUPERVISION DE PERSONNEL | FORMATION ACADÉMIQUE | NIVEAU D'ÉTUDE | EXPÉRIENCE | EXPÉRIENCE AVEC L'ENTREPRISE |
|-------------|------------|---------------------------------------|--------------------------|---|---|------------|------------------------------|
| A | E1 | Ingénieur de projet | Oui | Bacc. en génie mécanique Certificat en gestion de l'innovation | Universitaire, 2e cycle | > 20 ans | ~ 20 ans |
| B | E1 | Ingénieur concepteur | Non | Bacc. en génie mécanique | Universitaire, 1er cycle | 10 ans | 1 mois |
| C | E1 | Ingénieur concepteur | Non | Bacc. en génie mécanique | Universitaire, 1er cycle | 22 ans | 20 ans |
| D | E1 | Chef de service | Oui | DEC en dessin de conception mécanique | Collégial | 29 ans | 29 ans |
| E | E1 | Directeur | Oui | Bacc. en génie mécanique | Universitaire, 1er cycle | 25 ans | ~ 20 ans |
| F | E1 | Technicien concepteur | Non | DES Cours au secondaire en dessin Cours en dessin assisté par ordinateur | Secondaire | 30 ans | 20 ans |
| G | E1 | Chargé de projet en assurance qualité | Non | DEC en sciences pures et appliquées | Collégial | 34 ans | 34 ans |
| H | E1 | Technicien méthodes | Non | DES | Secondaire | 35 ans | 33 ans |
| I | E1 | Concepteur stagiaire | Non | Diplôme de Baccalauréat en France | Étudiant en ingénierie mécanique en France | < 1an | 3 mois |
| J | E1 | Technicien concepteur | Non | DEC en dessin de conception mécanique | Collégial | 29 ans | 29 ans |
| K | E1 | Technicien concepteur | Non | DEC en fabrication mécanique | Collégial | > 10 ans | > 10 ans |
| L | E1 | Chef de service | Oui | Bacc. en génie mécanique | Universitaire, 1er cycle | 19 ans | 17 ans |
| M | E1 | Ingénieur de projet | Oui | Bacc. en génie mécanique | Universitaire, 1er cycle | 21 ans | 21 ans |
| N | E1 | Ingénieur concepteur | Non | Bacc. en génie mécanique | Universitaire, 1er cycle | > 6 ans | 6 ans |
| O | E1 | Chargé de projet | Oui | Bacc. en technologie mécanique | Universitaire, 1er cycle | 33 ans | 33 ans |
| P | E1 | Ingénieur concepteur | Non | Bacc. en génie mécanique | Universitaire, 1er cycle | 15 ans | 12 ans |
| Q | E2 | Chef de service | Oui | Bacc. en génie électrique | Universitaire, 1er cycle | 16 ans | 13 ans |
| R | E2 | Ingénieur | Non | Bacc. en génie électrique Maîtrise en génie astrophysique Maîtrise en science de l'espace | Universitaire, 2e cycle Universitaire 3e cycle (50%) | > 5 ans | 5 ans |
| S | E2 | Chargé de projet | Oui | Bacc. en génie informatique | Universitaire, 1er cycle | 6 ans | 6 ans |
| T | E2 | Ingénieur | Non | Bacc. en génie des systèmes électro-mécaniques | Universitaire, 1er cycle | 2 ans | 2 ans |
| U | E2 | Chef de service | Oui | Maîtrise en génie mécanique | Universitaire, 2e cycle | 21 ans | > 4ans |

ANNEXE C

ENTREVUES INDIVIDUELLES

C1. Questions d'entrevue individuelles

Les questions que voici ont été utilisées pour la passation des entrevues individuelles [Vandenbosh *et al.*, 2006] :

1. S.V.P., parlez-moi de vous. Quel est votre curriculum académique? Comment êtes-vous arrivé au point où vous êtes maintenant? (Histoire abrégée de votre vie);
2. S.V.P., parlez-moi de votre travail. Quels sont vos responsabilités? Comment investissez-vous votre temps? Quel type d'information récoltez-vous et quel type vous ne tenez pas compte?
3. Souvenez-vous d'un exemple récent où une idée vous est venue à l'esprit. Quel était cette idée? Pouvez-vous vous souvenir pourquoi et comment cette idée vous est venue?
4. Comment les idées vous viennent à l'esprit habituellement?
5. Souvenez-vous d'un exemple de résolution d'un problème. Quel problème avez-vous résolu? Qu'est-ce qui vous a permis de résoudre ce problème?
6. Comment résolvez-vous les problèmes habituellement?
7. S.V.P., décrivez un exemple récent où vous avez eu à changer d'avis (les domaines à investiguer peuvent être le futur/les valeurs/les causes-effets/les buts/l'éthique/le profit/les employées/les supérieurs). Qui étaient impliqués? Qu'est-ce qui a fait changer votre avis? Comment vous sentiez-vous?
8. Comment vous tenez-vous informé? Comment utilisez-vous l'information dans votre travail? Quelle sorte d'information utilisez-vous (rapports informatiques, personnes dans l'organisation ou à l'extérieur de celle-ci)? Comment décidez-vous sur quelle information vous jetterez un coup d'œil?

C2. Schème de codification

Tableau C.1 Codification selon la catégorie [Vandenbosh *et al.*, 2006]

| CATÉGORIE | ÉTIQUETTE | DÉFINITION | INDICATEURS Applicable quand la personne: |
|--|-----------|---|--|
| Démarche d'acquisition d'informations | Chercher | Rechercher l'information selon un plan prédéterminé et ciblé. | a. recherche une information spécifique ou une information dont les caractéristiques et le contenu sont spécifiques. |
| | | | b. jette un coup d'œil (évalue, interprète) sur l'information à partir d'une perspective spécifique. |
| | Balayer | Défricher l'information avec une vision et un programme vastes. | c. recherche et/ou reçoit l'information de sources similaires et stables. |
| | | | a. recherche diverses informations ou de l'information dont les caractéristiques et le contenu sont divers. |
| Élan pour la génération d'idées | Réagir | Initier ou considérer les idées en réaction à problème réel ou potentiel. | b. jette un coup d'œil (évalue, interprète) sur l'information selon plusieurs perspectives. |
| | | | c. recherche et/ou reçoit l'information de sources variées et diverses. |
| | Maintenir | Initier ou considérer les idées pour maintenir le statu quo. | a. est poussée par les autres pour la génération d'idées. |
| | | | b. provoque la génération d'idées de façon à s'adapter aux circonstances. |
| | | | a. initie la génération d'idées seulement en face de l'inévitable. |
| | Initier | Initier ou considérer les idées de façon à augmenter la capacité, améliorer la compétitivité, et/ou influencer l'environnement. | b. est lente ou hésitante à initier la génération d'idées. |
| c. provoque la génération d'idées pour maintenir l'uniformité. | | | |
| a. initie lui-même la génération d'idées. | | | |
| | | | b. est poussée à générer des idées selon les opportunités et/ou des visions futuristes. |
| | | | c. provoque la génération d'idées pour prendre l'avantage, contribuer et/ou participer dans des contextes émergents. |

Tableau C.1 (suite) Codification selon la catégorie [Vandenbosh *et al.*, 2006]

| CATÉGORIE | ÉTIQUETTE | DÉFINITION | INDICATEURS Applicable quand la personne: |
|------------------------------|----------------|---|---|
| Relation avec les autres | Diriger | Diriger les autres avec autorité. | a. maintient un fort point de vue personnel. |
| | | | b. se considère lui-même le plus instruit dans son environnement et prend souvent le rôle d'éducateur. |
| | | | c. essaye de convaincre et/ou de manipuler les autres. |
| | | | d. dit aux personnes quoi faire. |
| | Négocier | Autoriser et/ou mandater les autres à générer des idées, résoudre des problèmes et prendre des décisions. | a. se fie sur le jugement et les opinions des autres. |
| | | | b. invite les autres à développer des idées et des solutions et/ou s'attend que les autres le feront. |
| | | | c. crée et/ou décrète les processus/structures pour les autres pour développer des idées et des solutions. |
| | Collaborer | Se joindre aux autres pour générer des idées, résoudre des problèmes et prendre des décisions. | a. inclut le jugement et les opinions des autres. |
| | | | b. demande (et/ou instruit) aux (les) autres pour développer des idées et des solutions. |
| | | | c. s'implique activement lui-même avec les autres dans les processus/structures de développement d'idées et de solutions. |
| | Individualiser | Essayer de résoudre des problèmes individuellement en jouant avec plusieurs scénarios. | a. assume le rôle des autres quand un problème est considéré. |
| | | | b. joue avec plusieurs scénarios dans sa tête. |
| c. examine les éventualités. | | | |

Tableau C.1 (suite) Codification selon la catégorie [Vandenbosh *et al.*, 2006]

| CATÉGORIE | ÉTIQUETTE | DÉFINITION | INDICATEURS Applicable quand la personne: |
|--|-----------|--|--|
| Processus d'évaluation | Conserver | Cibler sur les idées, perspectives et contributions confirmant et/ou complétant sa propre démarche. | a. prend le contrôle personnel des efforts de développement des idées et des solutions. |
| | | | b. se fie fortement sur ses propres jugements et opinions. |
| | | | c. recherche l'uniformité et la confirmation de son point de vue personnel. |
| | | | d. valorise fortement et/ou se fie sur les expériences du passé. |
| | Converger | S'approcher des idées, perspectives et contributions pour trouver une solution et/ou une conclusion favorables. | a. recherche le consensus et l'accord parmi les démarches et les idées. |
| | | | b. recherche la synthèse des idées et de l'information. |
| | | | c. définit clairement les limites et les paramètres pour les idées et les solutions. |
| | Diverger | Considérer et bâtir sur plusieurs idées, perspectives et contributions de façon à développer une solution et/ou une conclusion spécifique. | a. est confortable avec les contradictions. |
| | | | b. recherche diverses expériences et contributions. |
| | | | c. est flexible à l'égard des limites et des paramètres pour les idées et les solutions. |
| | Débattre | Débattre de différentes idées, perspectives et contributions de façon à développer une solution et/ou une conclusion spécifique. | a. met au défi et/ou aime être mis au défi par les perspectives des autres. |
| | | | b. s'engage et/ou aime être engagé dans des débats et discussions dialectiques. |
| c. a de la difficulté à choisir son côté ou à parvenir à la résolution dans les situations conflictuelles. | | | |

Tableau C.2 Étiquettes associées aux archétypes [Vandenbosh *et al.*, 2006]

| CATÉGORIE | PHILOSOPHIES CORRESPONDANTES | ARCHÉTYPES | | | | |
|---------------------------------------|---|------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | | <i>Incrémentaliste</i> | <i>Bâisseur de consensus</i> | <i>Chercheur</i> | <i>Débatteur</i> | <i>Évaluateur</i> |
| | | (Étiquettes associées) | (Étiquettes associées) | (Étiquettes associées) | (Étiquettes associées) | (Étiquettes associées) |
| Démarche d'acquisition d'informations | Transcendantalisme (dynamique mentale) | Chercher | Chercher | Balayer | Balayer | Balayer |
| Élan pour la génération d'idées | Philosophie du processus (changement/stabilité) | Maintenir | Réagir | Initier | Initier | Initier |
| Relation avec les autres | Interactionnisme (vue relationnelle) | Diriger | Négocier | Collaborer | Individualiser | Imprévisible |
| Processus d'évaluation | Transcendantalisme et interactionnisme | Conserver | Converger | Diverger | Débattre | Imprévisible |

C3. Description détaillées des archétypes

Les « **incrémentalistes** » placent une grande importance sur ce qu'ils connaissent déjà. Ils évaluent la nouvelle information sur le degré de concordance de celle-ci avec leur modèle mental existant. Ils lient les faits ensemble en un tissu cohérent, utilisant une chaîne de raisonnement menant à un point de vue fort, unique et intérieurement cohérent. Conséquemment, ils valorisent l'expérience et les compétences. Ils sont inconfortables avec les contradictions et ils sont constamment à l'affût d'une réponse juste. Quand ils reçoivent de l'information, elle est communément classifiée selon leur compréhension préexistante. Ils recherchent typiquement une confirmation plutôt que divers points de vue. Ils sont des décideurs qui se basent sur l'expérience. Quand ils ont une décision à prendre, ils tenteront habituellement d'être guidés en référant à une situation semblable. Ils confinent les recherches d'informations à un nombre fixe de sources qu'ils ont trouvé utiles dans le passé et ils iront rarement au-delà de cette référence. Ils tendent à prendre le contrôle et à diriger les autres. Ils se voient souvent comme des éducateurs, ou comme les personnes les plus instruites disponibles et ils expriment régulièrement un fort point de vue [Vandenbosh *et al.*, 2006].

Les « **bâtisseurs de consensus** » sont concernés par des accords gagnants. Ils demandent aux autres de générer des idées mais ils ne sont pas habituellement eux-mêmes des générateurs actifs d'idées. Similairement, ils n'essayent pas activement de changer leur environnement, à moins que le changement crée l'harmonie et l'unanimité. Plutôt que de vérifier si une nouvelle information concorde avec une compréhension existante, ils vérifient s'il y a entente au sein de la communauté pertinente. S'il y a unanimité, la nouvelle information est incorporée dans leur compréhension personnelle. L'information est utilisée quand elle est considérée appropriée par le groupe et la recherche de l'information est limitée aux sources approuvées par le groupe [Vandenbosh *et al.*, 2006].

Les « **chercheurs** » emploient un réseau comme source d'information. Leur quête d'informations est très vaste. Ils ne sont pas préoccupés par le consensus mais plutôt par l'objectivité. Ils recherchent différents points de vue et ils sont confortables avec les inconsistances et les perspectives multiples. Ils acceptent facilement la nouvelle information dans leurs modèles mentaux existants et ils révisent ou éliminent ces modèles quand ils ne

sont plus appropriés. Ils reconnaissent le changement dans leurs environnements et les opportunités qu'ils représentent, voyant le changement comme un progrès. Ils s'engagent dans la génération active d'idées et dans les stratégies de brainstorming. Ils argumentent pour résoudre et non pas pour gagner. Leurs décisions sont basées sur la synthèse des idées plutôt que sur l'expérience du passé ou un consensus [Vandenbosh *et al.*, 2006].

Les « **débatteurs** » théorisent et créent à travers l'expérimentation pour comprendre. Le questionnement prend place à la suite d'un fort débat interne. Ils construisent des alternatives successives à partir de leur propre compréhension et ils ont alors des difficultés à choisir parmi elles. Leurs modèles mentaux sont beaucoup plus un ensemble de blocs construits. Ils utilisent les mêmes blocs de bases, constitués de valeurs, d'émotions et de faits pour bâtir différentes structures. Ils croient qu'une meilleure solution émerge d'un processus dialectique et d'un débat. Ils ont une prédisposition à penser au-delà des frontières des approches et des règles standards. Ainsi, ils sont plus prédisposés d'avoir des idées qui peuvent être caractérisées radicales mais ils ont de la difficulté à obtenir des décisions à cause de leurs débats intérieurs interminables [Vandenbosh *et al.*, 2006].

Les « **évaluateurs** » sont caractérisés par de fréquents, dramatiques et imprévisibles changements. La convergence ou le consensus ne signifie pas pour eux un progrès. Il indique plutôt le temps de revisiter. Trouver une réponse est moins important que trouver une meilleure question. Ils alternent entre faire les choses plus simples ou plus compliquées. Ils sont confortables avec une myriade de sources d'information. Ils génèrent les idées selon un processus plus heuristique qu'algorithmique. Ils trouvent le mélange optimum entre l'engagement et le détachement à un problème, entre la passion et la réflexion à propos de ce problème et entre l'immédiat et le différé. Ils ne prennent rien pour acquis: tout est ouvert à l'inspection en tout temps. Ils questionnent constamment et ils travaillent très fort aux biais subsistants [Vandenbosh *et al.*, 2006].

C4. Exemple d'analyse d'une entrevue individuelle (première passe) avec le participant F

| | |
|--|---|
| 1 | S.V.P., parlez-moi de vous. Quel est votre curriculum académique? Comment êtes-vous arrivé au point où vous êtes maintenant? (Histoire abrégée de votre vie) |
| <p>Mettons que j'ai suivi un cours de dessin, à [redacted] c'était à polyvalente. Ensuite j'ai suivi des cours de dessin par ordinateur dans les années qu'ont suivi après au Cegep de [redacted]. Mon travail, c'est sûr que tout de suite en commençant quand j'ai commencé à travailler en dessin, j'ai faite une entreprise de Rimouski. J'ai dessiné pendant 3-4 ans des systèmes mécaniques de ventilation dans les grosses bâtisses, polyvalentes, banques, centres d'achat, ces choses là. Ensuite j'ai changé pour la même compagnie, mais on faisait aussi des conduites forcées de barrage. Tout les barrages de... J'ai commencé sur la fin de [redacted]. Ensuite j'ai complété toujours dans les vannes de barrage... tout ce qui est système hydroélectrique [redacted], tout ce qui est projet de [redacted]. Pis le dernier que j'ai fait en hydroélectrique c'était le barrage de [redacted]. Qui était ben différent de la ventilation qui était du gros métal là. Ensuite ben c'était le projet... ben j'ai travaillé comme dessinateur concepteur c'était sur le mât du stade olympique qui était un mécano soudé. Ensuite pour arriver chez [redacted] en 1988. J'ai rentré comme dessinateur pis heu depuis c'temps là j't'ici depuis 20 ans. C'tait ben différent aussi des autres métiers que j'avais fait avant qui était du plus petit métal, c'tait du métal... du plié si on veut là. [Ton poste aujourd'hui c'est?] Dessinateur concepteur. [As-tu autre chose à ajouter?] J'ai 30 ans de métier assuré et demi et plus peut-être là. Je ne sais pas si ça peut t'aider. J'suis plus vieux que j'en ai l'air hein?</p> | |
| 2 | S.V.P., parlez-moi de votre travail. Quels sont vos responsabilités? Comment investissez-vous votre temps? Quel type d'information récoltez-vous et quel type vous ne tenez pas compte? |
| <p>On va dire mon genre de travail c'est surtout que j'ai... mettons certains dossiers à remplir là c'est heu... c'est mon mandat c'est heu faire heu fonctionner sais pas moi heu une porte ou peu importe là. Heu j'va heu... j'va travailler très fort là-dessus. J'va essayé comment j'dirais ben j'va essayé d'trouver des façons simples, efficaces, faciles à installer. Pis si j'ai des questions heu ou des réponses à aller chercher heu, j'suis harcelant... très harcelant même... des fois peut-être trop. Pis qu'est-ce que je tiens pas compte, y'a pas grand chose que j'tiens pas compte. À quelque part, j'tiens toujours compte de toute. Mais surtout ce que je tiens compte le plus c'est facile, la facilité, la simplicité. [Les informations dont tu as besoins tu vas les chercher...] J'va les chercher c'est comme j'te dis j'suis harcelant, peut-être trop à l'occasion là... ouais...[Et les informations dont tu ne tiendras pas compte...] Ah, c'est rare que j'tiens pas compte de quelque chose... Si tu m'as donné une information c'est sans doute qui avait quelque chose à en retenir si heu...</p> | |
| 3 | Souvenez-vous d'un exemple récent où une idée vous est venue à l'esprit. Quel était cette idée? Pouvez-vous vous souvenir pourquoi et comment cette idée vous est venue? |
| <p>Ben ouais c'était un mandat que j'avais avec heu... mettons [redacted] qui était les p'tites tables de référence pour les travailleurs dans le véhicule même quand y'était en mouvement. C'est pour mettre leur laptop pour faire leur toute leur contrôle de véhicule. Pis l'mandat c'tait une p'tite table qui pouvait être un peu semblable à un contrat que [redacted]. Bon.. j'ai travaillé sur différents concepts pour en arriver à un concept qui est ben simple... Tu l'accroches après l'mur pis la laisser... j'sais qui va la laisser là. Si y s'assois dessus elle va plier elle brisera pas la partition. Tsé ça partie ben compliqué à devenir ben ben simple là. [L'idée t'est venu comment?] Ah, j'ai comme partie d'une idée... c'tun mandat qui m'a été demandé pis ça s'est muri dans ma tête avec un stylo pis un papier. Des p'tits sketches à main au début. Tu lances une idée des fois tu en lances 2, t'en lances 3 c'est... Des fois juste la critique de un t'fait allumer pour une autre idée tsé c'est heu... [T'as parler aux gens autour c'est ça?] Ouais, des fois ça peut être une critique destructive que l'autre personne va te faire mais en détruisant ton affaire y t'allume y t'allume des lumières pour d'autre chose. Tu comprends, c'est toujours des allés retours des idées... [Tu as griffonné des choses. T'avais un mandat. T'as compris le mandat. T'as commencé à griffonner des choses...] C'est ça pis j'en ai présenté... Ça allait bien sauf qu'un moment donné c'est client toujours qui décide pis y voyait que c'était plus compliqué qui pensait pour en arriver à une chose simple... Ben y d'mandait d'quoi de compliqué on y'en a présenté on y'en a présenté quelques modèles... différentes situations. À force de lui en présenter ben un moment donné y s'est rendu compte qu'il voulait de quoi de plus simple que ça dans l'fond. On lui a présenté d'quoi très simple pis y'a accepté.</p> | |
| 4 | Comment les idées vous viennent à l'esprit habituellement? |
| <p>Je bouillonne d'idées. J'neux pas m'vider. Sais pas, ça vient vite pis ça part vite pis j'r vire de bord pis comment j'te dirais ben ça, ça bouillonne. Je dirais comme j'disais des fois à [redacted] j't'un bouillon de culture. Tsé j'disais ça en farce là parce que... des fois t'arrive pour faire quelque chose oups ça marche pas, passe tout de suite à une autre idée. [Dans l'fond t'es toujours en train de penser à des affaires...] J'suis imaginatif oui... Un moment donné plouk ou des fois tu discutes un ti bout de crayon, un ti sketch. L'autre te détruit ton sketche en critique mais y t'allume pour heu... y t'allume pour un autre concept tout de suite en faisant critiquer c'est... Des fois ils te confrontent ouais... C'est toujours ben c'qui est comme... C'qui est ben important c'est tenir c'est quoi qui mène, c'est quoi qui veut... Y donner c'qui veut ou plus possible près là.</p> | |

Figure C.1 Extrait du chiffrier d'analyse des EI (1^{ère} passe)

| | |
|---|---|
| 5 | Souvenez-vous d'un exemple de résolution d'un problème. Quel problème avez-vous résolu? Qu'est-ce qui vous a permis de résoudre ce problème? |
| <p>J'en ai justement un que l't'en train de... J'peux pas dire qui est résolu à 100% parce qu'on est encore en mode de conception dessus. C'est justement l'interface [redacted] Bon j'ai présenté heu... pour faire le joint entre les 2, on a présenté différents concepts pis tout ça. J'en ai présenté un simple, le plus simple possible. Pis j'pense que j'pas mal bon pour l'vendre à date. Ça veut pas dire qui va rester là jusqu'à... jusqu'au... jusqu'à vraiment la conclusion finale là. Mais j'pense ben qu'on va être proche. [Qu'est-ce qui t'a permis de résoudre ce problème là?] Sais pas... j'me suis promener dans la maquette pis j'ai regardé comment ça fonctionnait, comment ça s'installait. Pis l'interface entre le [redacted] Pis heu dans ma tête ça s'est mis à rouler. C'est dure à expliquer là. [Dans la maquette virtuelle?] Dans la maquette virtuelle là j'me suis mis à figurer des choses. À un moment donné quelques petits esquisses si on peut dire dans maquette même... pour voir si je fais ça, ça vas-tu marcher pis j'me suis rendu compte assez vite que oui ça passerait. Pis c'est simple pis heu facile à installer. C'est pas plus compliqué que ça faisait dans le système d'avant. Ça fait exactement la même... pis même j'embellissait le [redacted] j'avais pu de ligne de pli là. C'était tout plein, tout égale. [Tu étais animé par la simplicité?] Toujours. C'est la première des choses. Un peu comme quand tu fais une mise en page de dessin, pour qui soit simple, facile à lire. Il faut que ça se parle tout seul sans que tu aies besoin, faut que ça dise c'est quoi qu'tu veux faire. Parce que des fois tu peux ouvrir un dessin. Oui y'est bon mais y'est dure à comprendre. Y'est faite lourd, y'est faite... tu peux le faire d'une façon des fois pour que l'image parle assez vite.</p> | |
| 6 | Comment résolvez-vous les problèmes habituellement? |
| <p>Ben j'commence toujours par regarder c'est quoi le problème. Pis je l'étudie avant. C'est là que j'va mettre du temps... que j'va virer autour... c'est faire toutes sortes d'hypothèses comment j'peux corriger c'te problème là. J'pense que c'est toujours mon ptit crayon pis mon papier, toujours mes ptites esquisses. Toujours la façon d'y arriver avec simplicité. J'dirais j'prends l'chemin des fois tout l'temps... J'essaye toujours d'avoir le chemin le plus court pour l'installation, la compréhension toute. [C'est pas mal ton approche...] C'est comme j'te dis, je l'étude, j'va tourner en rond autour un peu [Tu t'appropries du problème...] Ouais mais... Pis des fois j'va coucher chez nous pis là j'va l'trouver.</p> | |
| 7 | S.V.P., décrivez un exemple récent où vous avez eu à changer d'avis (les domaines à investiguer peuvent être le futur/les valeurs/les causes-effets/les buts/l'éthique/le profit/les employés/les supérieurs). Qui étaient impliqués? Qu'est-ce qui a fait changer votre avis? Comment vous sentiez-vous? |
| <p>Changer d'avis?... Ça m'est pas arrivé souvent d'changer d'avis.. Ben j'va te l'dire ben franchement c't'un peu comme heu... changer d'avis dernièrement ça fait un bout qu'j'ai pas heu... J'tais un peu comme un... non j'ai pas mal tout le temps heu... Qu'est-ce qui pourrait m'avoir fait changer d'avis?... Celle là c't'une bonne question... Les dernières affaires que j'ai faites, j'ai pas... Ça toujours été pas en dessous de ? que je pensais que ça allait faire. Mais ça veut pas dire que j'suis pas ouvert aux changements ou que j'peux pas changer de de de ... mon fusil d'épaule, non... [T'as pas d'exemples récents de changement d'avis?] Ben y'a peut être le changement d'avis que j'va avoir ça va peut-être notre installation que j'te parlais tantôt [redacted] présentait peut-être un autre approche aujourd'hui au client et elle ne savait si il allait l'accepter. Pis en même temps comme j'disais un peu c't'à [redacted] parce que [j'étais bon?] pour la rencontrer à midi, j'disais que son approche... j'aurais aimé l'vérifier avant qu'à leur offre ça. J'ai pas faite parce que c'est c'est [pas moi qui avait?] s'mandat là pis ça s'est faite vite elle est partie... Mais j'aurais aimé y j'ter un oeil avant. Parce que là tu proposes de quoi au client mais on l'a pas... moi, moi j't'ai pas épluchée... j'ai pas... Tu vas proposer d'quoi au client pis on arrive pis on est pas capable d'l'faire ou tsé... j'aime pas ça cette façon là... j'aime mieux... Quand j'dis quoi j'aime mieux savoir ou j'suis capable ou non j'pas capable. [Admettons avec cet exemple là. Si c'est refusé?] Si c'est refusé ça change rien. J'reste avec mon exemple, mon mon premier principe que j'lui ai donnée, mon plus simple là. Mais si on revient sur celui là à [redacted] c'est celui là que j'aime m...ben que j'aime moins... j'aime moins parce que j'l'ai pas étudié oui ça s'fait peut-être mais c'est tu plus compliqué de ce que j'te présentais? Pis en même temps ça m'fait une ligne de démarcation dans... dans l'windscreen, j'aime moins ça. Si j'étais un client j'aimerais mieux avoir un [redacted] plain... toute pareille que de n'avoir une avec une... une ligne dedans de... de pli dtôle. [Mais dernièrement tu te souviens pas d'avoir changer d'avis ou que quelqu'un t'ait fait changer d'avis?] Ah j'dis que n... non pas dernièrement mais ça arrive que j'change d'avis... oui que j'peux changer pis j'ai pas. Ça m'a pas arrivé souvent avec ça. [Comment tu te sens dans ça?] Quand j'me fais l'virer mes... j'garde si ça a d'allure j'ai pas d'problème avec ça. Si ça pas d'allure là j'le fait pareille mais ça veut pas dire... j'te garde toujours d'un euil là... mais... ça pas arrivé souvent. Même... y'a pas tellement longtemps là... la seule affaire comme j'te dis ça peut être ça là.</p> | |
| 8 | Comment vous tenez-vous informé? Comment utilisez-vous l'information dans votre travail? Quelle sorte d'information utilisez-vous (rapports informatiques, personnes dans l'organisation ou à l'extérieur de celle-ci)? Comment décidez-vous sur quelle information vous jeterez un coup d'oeil? |
| <p>J'm tiens informé... en partant [rires]... Ben tu veux savoir c'est quoi, c'est quoi mettons mon mandat, Cest quoi tu veux que j'atteigne avec ce mandat là. C'est quoi les requis. Ça c'est heu c'est tout de suite au départ là j'tire après ça. Pis quand j'le sais pas ben j'tire fort là... pour l'avoir. [Le genre d'informations que tu utilises? La spec client?] Ouais la spec client pis si c'est c'est d'quoi mettons que c'est surtout c'que l'client veut là. Pour être à bonne place tout de suite en partant là. Ça veut pas dire qu'on propose pas d'autres choses des fois, qu'on dévît pas un peu à côté là. Pis j'me tiens pas mal à spec là c'est heu. Des fois tu peux être ben dans spec tu présentes au client pis l'rvire ça bord. Ça fait que tu... c'est toujours aléatoire un peu là. [Comment décidez-vous sur quelle information vous jetez un coup d'oeil? Si admettons tu reçois queque chose] Jete un coup d'oeil, m'a dire heu surtout mais y a des informations plus, qui vont être plus importantes mettons si j'ai un mandat à faire avec cette information là. Ça c'est sûr que j'va la... j'va la... j'va la mémoriser là. [Si c'est en lien avec ce que tu fais, c'est ça?] Ouais. Ben si tu m'donne l'information qui a pas vraiment rapport avec ce que je fais... j'va la rgarder là mais m'a metre de côté. Ça y faut que ça aille rapport vraiment avec le p'tit bout, le mandat que j'ai à faire, le p'tit bout que ça implique là. Si tu m'donne d'l'information qui est vraiment générale, j'va la lire là mais ça va être général là. Ou si ça pas rapport, j'va la metre de côté pis..</p> | |

Figure C.1 (suite) Extrait du chiffrier d'analyse des EI (1^{ère} passe)

C6. Évaluation des NDS selon les données de l’entrevue individuelle

Réf. : descriptions des archétypes données à la section C3

Les « incrémentalistes » recherchent la similitude avec les expériences qu’ils ont acquises. Ils ne recherchent pas d’idées nouvelles mais pigent plutôt dans ce qu’ils connaissent déjà. Ils n’auraient donc pas un intérêt particulier porté au DC. Ils pourraient donc être catégorisés comme appartenant au premier niveau de NDS (voir le tableau C.3).

Les « bâtisseurs de consensus » sont motivés et porteraient un intérêt à la recherche d’idées s’ils perçoivent que l’activité est consensuelle et qu’elle générera de l’harmonie au sein du groupe. Ils ne sont donc pas d’emblée mobilisés à la recherche d’idées. Ils se mobiliseront si cela fait consensus. Ils appartiendraient donc à la classe d’acteurs correspondant au 2^e niveau de NDS (voir le tableau C.3).

Les « chercheurs » démontrent une confiance à trouver les bonnes solutions en ratissant dans un large territoire d’informations. Ils sont mobilisés dans la recherche d’idées assimilant les changements au progrès. Ils révisent leurs modèles mentaux au besoin. Ils seraient donc perçus comme appartenant au 3^e niveau de NDS (voir le tableau C.3).

Les « débatteurs » et les « évaluateurs » ne se contentent pas du *statu quo*, recherchant sans cesse de nouvelles idées par des débats intérieurs, par un requestionnement et la recherche de solutions puisées hors des frontières standards. Bien que ces deux archétypes présentent des caractéristiques différentes, ils partagent à tout le moins les qualificatifs d’un NDS de 4^e niveau pour lequel l’acteur du DP rechercherait continuellement à augmenter son efficacité en DC (voir le tableau C.3).

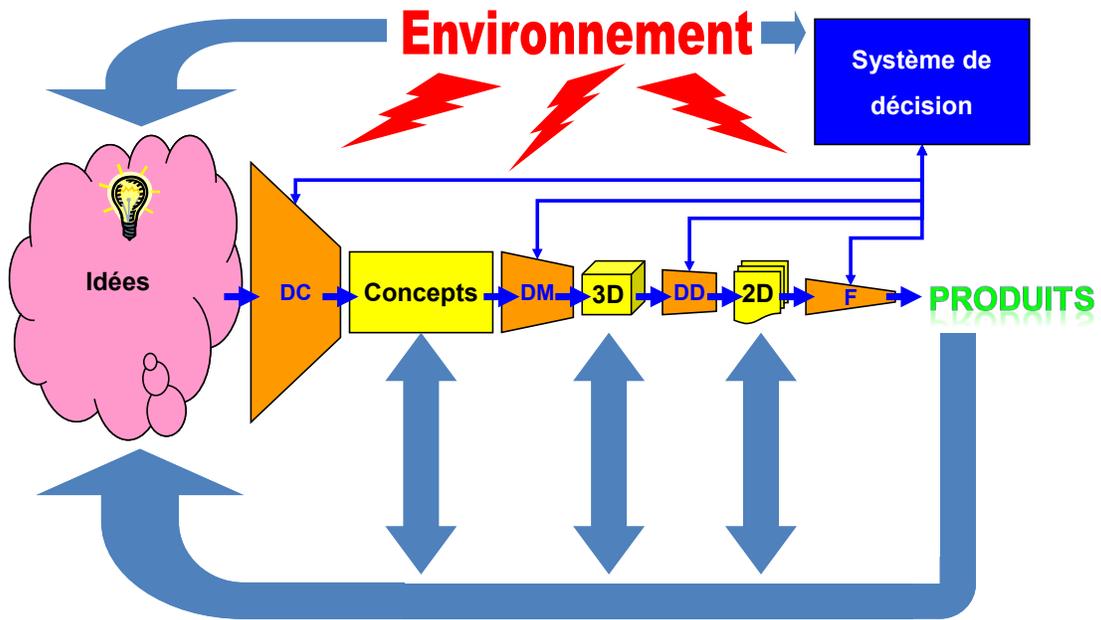
Tableau C.3 Relation entre l’archétype et le nds_{moy}

| Archétypes | nds_{moy} |
|-------------------------------|-------------------------------|
| « Incrémentaliste » | 1 |
| « Bâtisseur de consensus » | 2 |
| « Chercheur » | 3 |
| « Débatteur », « Évaluateur » | 4 |

ANNEXE D

ENTREVUES DE GROUPE

D.1 MSDP simplifié



LÉGENDE: DC = Développer des Concepts; DM = Développer des Modèles 3D; DD = Développer des Dessins 2D; F = Fabriquer.

Figure D.2 Modèle systémique de développement de produits simplifié

D.2 Grille d'évaluation des NDS pour les entrevues de groupe

Tableau D.1 Indicateurs de NDS pour l'analyse des entrevues de groupe

| Indicateurs | État | nds |
|---|--------------------|-----|
| Poser une question relative au DC | Neutre-indifférent | 1 |
| Montrer un intérêt au DC sans plus | Neutre-indifférent | 1 |
| Dire que le DC est utile sans plus | Neutre-indifférent | 1 |
| S'intéresser à l'utilisation d'un outil de DC | Motivé-intéressé | 2 |
| Utiliser l'analyse fonctionnelle avec conviction | Motivé-intéressé | 2 |
| Proposer des concepts | Motivé-intéressé | 2 |
| Être ouvert aux concepts des autres | Motivé-intéressé | 2 |
| Mentionner que le DC est important et plaisant | Motivé-intéressé | 2 |
| Mentionner que les outils de DC sont utiles | Motivé-intéressé | 2 |
| Montrer du jugement dans l'utilisation des outils de DC | Motivé-intéressé | 2 |
| Reconnaitre l'existence d'outils en DC | Motivé-intéressé | 2 |
| Savoir utiliser les outils de DC intelligemment | Motivé-intéressé | 2 |
| S'intéresser à ce que les autres concepteurs réalisent | Motivé-intéressé | 2 |
| Reconnaitre l'impact du DC sur le reste du processus de DP | Motivé-intéressé | 2 |
| Comprendre l'infinie possibilité de domaine des concepts | Motivé-intéressé | 2 |
| Tenir compte de la fabrication dans le concept | Motivé-intéressé | 2 |
| Mentionner l'importance de découvrir tôt les défaillances du concept | Motivé-intéressé | 2 |
| Reconnaitre que l'expérience est importante pour faire de bons concepts | Motivé-intéressé | 2 |

Tableau D.1 (suite) Indicateurs de NDS pour l'analyse des entrevues de groupe

| Indicateurs | État | nds |
|---|-----------------------|------------|
| Être convaincu de l'influence du concept sur la production | Motivé-intéressé | 2 |
| Reconnaitre l'importance du système de décision dans le DC | Motivé-intéressé | 2 |
| Mentionner qu'on devrait réserver plus de temps au DC | Mobilisé-enthousiaste | 3 |
| Participer et contribuer significativement à une activité de GC | Mobilisé-enthousiaste | 3 |
| Apprécier une activité de GC et vouloir qu'elle se reproduise | Mobilisé-enthousiaste | 3 |
| Apprécier faire du DC collectivement | Mobilisé-enthousiaste | 3 |
| Faire de la validation de concepts | Mobilisé-enthousiaste | 3 |
| Faire valider le concept par le client | Mobilisé-enthousiaste | 3 |
| Chercher continuellement à s'améliorer en DC | Engagé-passionné | 4 |
| Être toujours à l'affût de nouveaux concepts | Engagé-passionné | 4 |
| Organiser et animer des séances de GC | Engagé-passionné | 4 |
| Adapter les méthodologies et outils de GC | Engagé-passionné | 4 |
| Élever le NDS des acteurs du DP à l'égard du DC | Engagé-passionné | 4 |

ANNEXE E

QUESTIONNAIRES

E.1 Pilotage du Questionnaire Q1

Un pilotage du Questionnaire 1, dans sa première version, a été effectué auprès des participants « A », « N » et « O ». Ainsi « N » a trouvé certaines questions biaisées en expliquant « qu'on ne pouvait pas être contre la vertu » (Réf. : lignes 511 et 515 du journal chronologique des événements numérisé). « N » n'avait cependant pas remarqué la case « Je ne sais pas ». « A » et « O » n'ont pas donné un feedback sur ce questionnaire à ce moment. Les questions ont donc été remaniées pour éviter le biais mentionné par « N » et le questionnaire a été resoumis à ces trois participants. « O » a mentionné au doctorant cette fois qu'il a répondu aux nouveaux questionnaires (les questionnaires #1 et #2 ont été pilotés en même temps) mais il a dit que ses réponses étaient peut-être différentes à cause de son « état du moment » (Réf. : ligne 519 du journal chronologique des événements numérisé). Puisque le doctorant n'a pas vraiment de contrôle sur cet « état du moment » (c'est de fait une variable incontrôlable inhérente aux sciences humaines ou sciences de l'imprécis [Moles, 1995], la triangulation des méthodes de mesure viendra à la rescousse) et que les questions semblaient maintenant plus convenables pour « N » (Réf. : ligne 515 du journal chronologique des événements numérisé), le questionnaire a donc été jugé satisfaisant et il a éventuellement été distribué aux autres participants.

Le Questionnaire 1 est présenté à la figure E.1 suivante.

| | | Faire un "X" dans la case appropriée pour chaque question. | | | | | | |
|------------------------------|--|--|------------------------|--------------|--------|----------|--------------------|-------------------------------------|
| N° | Questions | Ne sait pas | Fortement en désaccord | En désaccord | Neutre | D'accord | Fortement d'accord | Faire un commentaire s'il y a lieu. |
| 1 | <i>Le développement de concepts est une activité plaisante.</i> | | | | | | | |
| 2 | <i>Le développement de concepts est une activité plus difficile que la conception détaillée.</i> | | | | | | | |
| 3 | <i>L'analyse fonctionnelle est utile au développement de concepts.</i> | | | | | | | |
| 4 | <i>Les outils de conception sont utiles au développement de concepts.</i> | | | | | | | |
| 5 | <i>L'expérience est plus importante que les outils de conception pour le développement de concepts.</i> | | | | | | | |
| 6 | <i>Il est possible d'évaluer la valeur d'un concept.</i> | | | | | | | |
| 7 | <i>Générer des concepts par des équipes différentes et selon des points de vue différents doit être préconisé.</i> | | | | | | | |
| 8 | <i>Plus les concepts sont différents, plus les chances de trouver un bon concept augmentent.</i> | | | | | | | |
| 9 | <i>La durée de la conception détaillée est fortement influencée par le concept.</i> | | | | | | | |
| 10 | <i>C'est à la phase de développement de concepts que la marge de manœuvre est la plus grande pour réduire les coûts de produits.</i> | | | | | | | |
| 11 | <i>Le développement de concepts est l'activité la plus importante du développement de produits.</i> | | | | | | | |
| 12 | <i>La performance des produits repose en grande partie sur le concept.</i> | | | | | | | |
| 13 | <i>La qualité des produits est principalement due à la qualité du concept.</i> | | | | | | | |
| 14 | <i>L'activité de développement de produits est la phase offrant la plus grande opportunité pour l'innovation de produits.</i> | | | | | | | |
| 15 | <i>La sélection du concept est une des décisions les plus importantes du développement de produits.</i> | | | | | | | |
| 16 | <i>Le développement de concepts doit être valorisé.</i> | | | | | | | |
| 17 | <i>Plus de temps et d'efforts doivent être consentis au développement de concepts.</i> | | | | | | | |
| Commentaires ou suggestions: | | | | | | | | |

Figure E.1 Questionnaire 1

E.2 Pilotage du Questionnaire Q2

Un pilotage du Questionnaire 2, dans sa première version, a été effectué auprès des participants « A », « N » et « O ». Ainsi « O » a trouvé ce questionnaire difficile à remplir (Réf. : ligne 513 du journal chronologique des événements numérisé). « A » a éprouvé un problème de « conflit d'intérêt » (Réf. : ligne 526 du journal chronologique des événements numérisé) probablement associé au fait de donner plus d'importance à des activités relevant de sa position de gestionnaire. Le doctorant a expliqué le but du questionnaire et « A » l'a finalement complété en y ajoutant ses commentaires. « N » n'a pas donné de feedback sur ce questionnaire. Finalement, le questionnaire a été jugé satisfaisant et il a éventuellement été distribué aux autres participants.

Le Questionnaire 2 est présenté à la figure E.2 suivante.

- ACTIVITÉS**
- A Réaliser les dessins 2D
 - B Allouer les ressources humaines
 - C Choisir les procédés, les méthodes, les outils, les méthodologies
 - D Développer les compétences techniques
 - E Fabriquer les produits pilotes
 - F Développer des concepts
 - G Gérer les connaissances
 - H Développer les compétences de conception
 - I Développer les modèles 3D (prototypes virtuels et physiques)
 - J Générer des idées
 - K Allouer les ressources financières
 - L Coordonner les activités du développement de produits
 - M Sélectionner les idées, les concepts, les projets R-D
 - N Autre activité? (ajouter au besoin)
 - O Autre activité? (ajouter au besoin)

INSTRUCTION:
 Dans chacune des **cases vertes**, déterminer quelle activité selon vous est la plus importante entre celle identifiée en rouge dans le haut de la colonne correspondante et celle identifiée en rouge à l'extrême gauche de la ligne correspondante. Inscrivez la lettre identifiant l'activité la plus importante dans la case verte. Déterminez ensuite à quel degré en ajoutant à la suite de la lettre un: "1" pour un degré faible, "2" pour un degré moyen et "3" pour un degré élevé.
Exemples: Si **A** est plus important que **B** à un degré moyen, inscrivez "**A2**" dans la case C19.
 Si **J** est plus important que **F** à un degré élevé, inscrivez "**J3**" dans la case K24.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | | | | | | | | | | | | | | | |
| H | | | | | | | | | | | | | | | |
| I | | | | | | | | | | | | | | | |
| J | | | | | | | | | | | | | | | |
| K | | | | | | | | | | | | | | | |
| L | | | | | | | | | | | | | | | |
| M | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | | | | | | | | | | | | | | | |
| O | | | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|--------------|
| 1 | Degré faible |
| 2 | Degré moyen |
| 3 | Degré élevé |

Figure E.2 Questionnaire 2

E.3 Questionnaire final

Le Questionnaire final, présenté à la figure E.3, contient d'abord un préambule pour resituer le répondant dans le contexte de la recherche. Le MSDP tel que présenté lors des entrevues de groupe est montré encore une fois pour susciter des réactions, s'il y a lieu, sur la validité que les participants y octroient. Ensuite, cinq questions sont posées aux participants. La première question, de type ouverte, veut mesurer qualitativement l'intérêt porté à la présente recherche par les participants, ce qui a été retenu et si un gain de connaissances a été acquis. Évidemment, des réponses relatives au DC sont de grand intérêt comme une prise de conscience de l'importance de cette activité. L'acquis de connaissance correspond de plus à un des objectifs de la recherche du doctorant.

La deuxième question, encore de type ouverte, porte sur l'influence de la recherche sur le participant. Selon la réponse à cette question, il est possible de déceler une élévation du NDS que les participants accordent au DC.

La troisième question, toujours de type ouverte, veut vérifier si les participants ont cherché à s'améliorer en DC, ce qui pourrait révéler une élévation du NDS accordée au DC.

La quatrième question, pour le premier volet de type fermée, vise à évaluer d'abord si le participant est confortable avec un résultat de la recherche sur l'ordre d'importance des activités de DP. Le deuxième volet de la question de type ouvert, permet au participant de rectifier à son gré l'ordre des activités présentées. Ainsi, dans le cas où il y aurait discordance entre l'ordre des activités présentées dans ce questionnaire et celui obtenu dans le questionnaire #2 pour un participant, cela pourrait signifier un changement de NDS accordé au DC, à la hausse ou à la baisse.

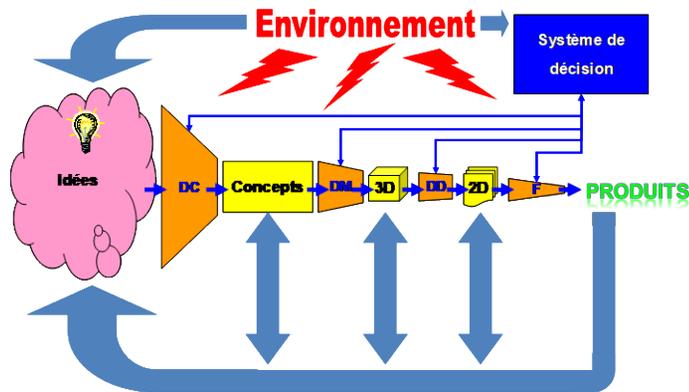
Enfin, la question 5 de type fermée, permet de vérifier la perception des participants par rapport à l'incertitude associée aux phases de DP résumées en trois grandes catégories. Cela révèle un degré de compréhension des participants vis-à-vis le DP en effectuant un rapprochement entre les théories étudiées dans le chapitre 2 et les réponses des participants.

2011-05-31

Bonjour cher(e)s participant(e)s à ma recherche!

Je communique avec vous aujourd'hui pour solliciter votre collaboration une toute dernière fois. J'ai besoin de vos réponses aux cinq (5) questions ci-dessous afin de compléter ma collecte de données. Ce court questionnaire remplace en fait l'entrevue finale que j'avais prévue à l'origine avec vous tel que mentionné dans le formulaire de consentement de participation que nous avons signé conjointement.

Si vous vous souvenez bien, ma recherche doctorale porte sur le développement de produits et plus particulièrement, sur les moyens d'améliorer la performance de ses acteurs. Pour plusieurs d'entre vous, j'avais présenté un modèle général du développement de produits tel celui affiché ci-dessous. Je vous avais alors demandé si ce modèle avait du sens et où selon vous, à la lumière de ce modèle, devrions-nous apporter des améliorations dans le système de développement de produits ...



LÉGENDE: DC = Développer des Concepts, DM = Développer des Modèles 3D, DD = Développer des Dessins 2D, F = Fabriquer

Incidemment, en quelques mots :

1. Quels éléments vous ont le plus intéressés? Qu'avez-vous appris? Qu'avez-vous retenu de ma recherche?

2. Quelle influence a eu ma recherche dans votre pratique?

3. Avez-vous acquis de nouvelles connaissances en développement de concepts depuis la dernière année (outils, méthodologies, approches, etc.)? Si oui, donnez un exemple s.v.p.

4. La compilation des données a montré que globalement les participants à ma recherche positionnaient au haut de la liste et en ordre d'importance, les quatre activités du développement de produits suivantes :

- 1- Allouer les ressources financières;
- 2- Développer des concepts;
- 3- Sélectionner les idées, les concepts, les projets R&D;
- 4- Générer des idées;

Est-ce que ce classement correspond à ce que vous pensez? OUI ___ NON ___

Si vous avez répondu NON, quel est l'ordre correspondant à votre pensée :

- 1^{er} : _____
2^e : _____
3^e : _____
4^e : _____

5. Selon vous, quelle est l'activité la plus incertaine, imprévisible en termes de résultats parmi les trois (3) suivantes (Cochez votre choix) :

- Déterminer/Identifier les besoins des clients;
- Transformer ces besoins en concepts;
- Transformer ces concepts en produits;

Autres commentaires:

Si vous avez des questions, contactez-moi. Je me ferai un plaisir d'y répondre.

Et dans l'attente de vos réponses précieuses pour moi, je vous dis un immense MERCI pour votre participation et bonne chance dans tous vos projets de développement de produits!

Bruno Leclerc

Figure E.3 Questionnaire final

E.4 Analyse des réponses au questionnaire Q1 pour le participant C

| Questions | Faire un "X" dans la case appropriée pour chaque question. | | | | | | Faire un commentaire s'il y a lieu. | NDS _{8,1,q} MAX | PONDÉRATION DES RÉPONSES | | | | | | NDS _{8,1,q} |
|---|--|------------------------|--------------|--------|----------|--------------------|---|--------------------------|--------------------------|--------|--------|---|--------|--------|----------------------------|
| | Ne sait pas | Fortement en désaccord | En désaccord | Neutre | D'accord | Fortement d'accord | | | | | | | | | |
| Le développement de concepts est une activité plaisante. | | | | | | 1 | | 3 | 0,3333 | 0 | 0 | 0 | 0,6667 | 1 | 3 |
| Le développement de concepts est une activité plus difficile que la conception détaillée. | | | 1 | | | | | 3 | 0,3333 | 0 | 0 | 0 | 0,6667 | 1 | 0 |
| L'analyse fonctionnelle est utile au développement de concepts. | | | | | 1 | | Oui mais les fonctions ne doivent pas être trop vagues. Il ne faut pas se perdre dans des analyses comparatives complexes et souvent subjectives. | 3 | 0,3333 | 0 | 0 | 0 | 0,6667 | 1 | 2,0001 |
| Les outils de conception sont utiles au développement de concepts. | | | | | 1 | | | 3 | 0,3333 | 0 | 0 | 0 | 0,6667 | 1 | 2,0001 |
| L'expérience est plus importante que les outils de conception pour le développement de concepts. | | | | | 1 | | | 3 | 0,3333 | 0,3333 | 0,6667 | 1 | 0,6667 | 0,3333 | 2,0001 |
| Il est possible d'évaluer la valeur d'un concept. | | | | | 1 | | | 3 | 0,3333 | 0 | 0 | 0 | 0,6667 | 1 | 2,0001 |
| Générer des concepts par des équipes différentes et selon des points de vue différents doit être préconisé. | | | | 1 | | | Oui si on a les ressources et les budgets pour le faire. Il faut rester efficace. | 3 | 0,3333 | 0 | 0 | 0 | 0,6667 | 1 | 0 |
| Plus les concepts sont différents, plus les chances de trouver un bon concept augmentent. | | | | | 1 | | | 3 | 0,3333 | 0 | 0 | 0 | 0,6667 | 1 | 2,0001 |
| La durée de la conception détaillée est fortement influencée par le concept. | | | | | 1 | | | 3 | 0,3333 | 0 | 0 | 0 | 0,6667 | 1 | 2,0001 |
| C'est à la phase de développement de concepts que la marge de manœuvre est la plus grande pour réduire les coûts de produits. | | | | | | 1 | | 3 | 0,3333 | 0 | 0 | 0 | 0,6667 | 1 | 3 |
| Le développement de concepts est l'activité la plus importante du développement de produits. | | | | | | 1 | | 3 | 0,3333 | 0 | 0 | 0 | 0,6667 | 1 | 3 |
| La performance des produits repose en grande partie sur le concept. | | | | | | 1 | | 3 | 0,3333 | 0 | 0 | 0 | 0,6667 | 1 | 3 |
| La qualité des produits est principalement due à la qualité du concept. | | | | | | 1 | | 3 | 0,3333 | 0 | 0 | 0 | 0,6667 | 1 | 3 |
| L'activité de développement de produits est la phase offrant la plus grande opportunité pour l'innovation de produits. | | | | | | 1 | | 3 | 0,3333 | 0 | 0 | 0 | 0,6667 | 1 | 3 |
| La sélection du concept est une des décisions les plus importantes du développement de produits. | | | | | | 1 | | 3 | 0,3333 | 0 | 0 | 0 | 0,6667 | 1 | 3 |
| Le développement de concepts doit être valorisé. | | | | | | 1 | | 3 | 0,3333 | 0 | 0 | 0 | 0,6667 | 1 | 3 |
| Plus de temps et d'efforts doivent être consentis au développement de concepts. | | | | | | 1 | | 3 | 0,3333 | 0 | 0 | 0 | 0,6667 | 1 | 3 |
| Commentaires ou suggestions: | | | | | | | | | | | | | | | NDS _{8,1,F} = 2,3 |

Figure E.4 Grille d'évaluation du nds_{moy} - Participant C - Questionnaire Q1

E.5 Analyse de l'ensemble des réponses, par question, pour le questionnaire Q1

| | | PARTICIPANTS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----|---------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|------|-------------------------------|
| | | L | C | N | M | P | B | H | A | O | G | S | D | T | K | E | R | J | F | I | Q | U | | |
| QUESTIONS | Q10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 78 | SOMMES DES POIDS PAR QUESTION |
| | Q1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 77 | |
| | Q17 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 77 | |
| | Q3 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 2 | 5 | 4 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 75 | |
| | Q16 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 75 | |
| | Q12 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 2 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 74 | |
| | Q7 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 2 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 73 | |
| | Q15 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 73 | |
| | Q14 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 72 | |
| | Q6 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 72 | |
| | Q8 | 5 | 4 | 5 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 2 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 | 70 | |
| | Q11 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 0 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 68 | |
| | Q4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 66 | |
| | Q13 | 5 | 5 | 3 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 2 | 4 | 3 | 4 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 63 | |
| | Q5 | 3 | 4 | 0 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2 | 5 | 3 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 | 62 | |
| | Q9 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 5 | 0 | 3 | 4 | 4 | 4 | 2 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 57 | |
| Q2 | 4 | 2 | 4 | 5 | 4 | 2 | 4 | 4 | 3 | 0 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 55 | |
| | | 81 | 74 | 73 | 72 | 71 | 69 | 68 | 67 | 64 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 | 61 | 60 | 59 | 58 | 0 | 0 | 0 | 1187 | |
| | | SOMME DES POIDS PAR PARTICIPANT | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figure E.5 Grille d'analyse par question pour le Questionnaire Q1

E.6 Calcul des poids attribués aux activités de DP du questionnaire Q2 pour le participant R

| ACTIVITÉS | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| A | Réaliser les dessins 2D | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | Allouer les ressources humaines | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Choisir les procédés, les méthodes, les outils, les méthodologies | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | Développer les compétences techniques | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | Fabriquer les produits pilotes | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | Développer des concepts | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | Gérer les connaissances | | | | | | | | | | | | | | | |
| H | Développer les compétences de conception | | | | | | | | | | | | | | | |
| I | Développer les modèles 3D (prototypes virtuels et physiques) | | | | | | | | | | | | | | | |
| J | Générer des idées | | | | | | | | | | | | | | | |
| K | Allouer les ressources financières | | | | | | | | | | | | | | | |
| L | Coordonner les activités du développement de produits | | | | | | | | | | | | | | | |
| M | Sélectionner les idées, les concepts, les projets R-D | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | Autre activité? (ajouter au besoin) | | | | | | | | | | | | | | | |
| O | Autre activité? (ajouter au besoin) | | | | | | | | | | | | | | | |

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O |
|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|
| A | | B3 | C2 | D3 | E1 | F3 | G3 | H3 | A2 | J3 | K2 | L2 | M3 | | |
| B | | | B2 | B1 | B2 | B1 | G1 | H1 | B3 | B2 | B2 | L1 | M1 | | |
| C | | | | D1 | E1 | F3 | G2 | H2 | C3 | J2 | K1 | L2 | M2 | | |
| D | | | | | D1 | F2 | G2 | H1 | D2 | J1 | K1 | L1 | M2 | | |
| E | | | | | | F2 | G2 | H2 | E1 | J2 | K2 | L3 | M2 | | |
| F | | | | | | | G1 | H2 | F3 | F1 | K1 | F2 | F2 | | |
| G | | | | | | | | H1 | G3 | G2 | G1 | G1 | M1 | | |
| H | | | | | | | | | H3 | H2 | H1 | H1 | M1 | | |
| I | | | | | | | | | | J3 | K1 | L2 | M3 | | |
| J | | | | | | | | | | | K1 | J1 | J2 | | |
| K | | | | | | | | | | | | L1 | M1 | | |
| L | | | | | | | | | | | | | M1 | | |
| M | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | | | | | | | | | | | | | | | |
| O | | | | | | | | | | | | | | | |

| INSTRUCTION: | |
|--|--|
| Dans chacune des cases vertes, déterminer quelle activité selon vous est la plus importante entre celle identifiée en rouge dans le haut de la colonne correspondante et celle identifiée en rouge à l'extrême gauche de la ligne correspondante. Inscrire la lettre identifiant l'activité la plus importante dans la case verte. Déterminer ensuite à quel degré en ajoutant à la suite de la lettre un: "1" pour un degré faible, "2" pour un degré moyen et "3" pour un degré élevé. | |
| Exemples: Si A est plus important que B à un degré moyen, inscrire "A2" dans la case C19. | |
| Si J est plus important que F à un degré élevé, inscrire "J3" dans la case K24. | |

| | |
|---|--------------|
| 1 | Degré faible |
| 2 | Degré moyen |
| 3 | Degré élevé |

Figure E.6 Grille de calcul des poids attribués aux activités de DP du questionnaire Q2

E7. Évaluation des NDS relatifs aux réponses au questionnaire Q2

Tableau E.1 Position hiérarchique du DC selon Q2 et le nds_{moy} correspondant

| Position hiérarchique du DC parmi les activités du DP | nds_{moy} | Justifications par rapport à l'échelle de NDS (voir section 5.2.1) |
|--|-------------------------------|---|
| 1 | 3 | Placer le DC au sommet de la hiérarchie signifie qu'un acteur accorde la plus grande importance à cette activité. L'admission d'une telle importance laisse croire que l'acteur serait plus enclin à se mobiliser car il aurait saisi, du moins en partie, ce que plusieurs chercheurs ont constaté. L'état de mobilisation a été lié au NDS = 3. |
| 2 ou 3 | 2 | Si l'acteur ne place pas le DC au sommet de la hiérarchie mais dans une position appartenant aux activités les plus importantes, il est plausible qu'il s'investisse dans une activité de DC mais seulement si d'autres conditions étaient remplies (budget et temps suffisants par exemple). Sans ces conditions, l'acteur n'aurait pas aussi confiance en ses chances de réussite ce qui correspondrait à un NDS = 2. |
| 4 et plus | 1 | Placer le DC à une position plus basse dans la hiérarchie voudrait dire que le DC représenterait une activité de moindre importance aux yeux de l'acteur. Ce dernier n'aurait pas perçu l'importance et/ou l'utilité du DC. La valeur mitigée du DC accordé par l'acteur concorderait avec un NDS = 1. |

E.8 Analyse des réponses au questionnaire final

Tableau E.2 Grille d'évaluation du nds_{moy} pour l'analyse du questionnaire final

| Question | Indicateurs | nds_{moy} |
|---|---|-----------------------|
| 1. Quels éléments vous ont le plus intéressés? Qu'avez-vous appris? Qu'avez-vous retenu de ma recherche? | Le participant : <ul style="list-style-type: none"> • ne se souvient de rien • se souvient du DC • mentionne l'importance à accorder au DC • montre un apprentissage appliqué • montre un engagement par rapport au DC | 0 1 2 3 4 |
| 2. Quelle influence a eu ma recherche dans votre pratique? | Le participant : <ul style="list-style-type: none"> • n'a pas été influencé par la recherche • a très peu été influencé par la recherche • ne voit plus le DC de la même manière • a changé sa pratique du DC depuis • cherche à constamment s'améliorer en DC depuis | 0 1 2 3 4 |
| 3. Avez-vous acquis de nouvelles connaissances en développement de concepts depuis la dernière année (outils, méthodologies, approches, etc.)? Si oui, donnez un exemple s.v.p. | Le participant : <ul style="list-style-type: none"> • n'a acquis aucune nouvelle connaissance • parle de nouvelles connaissances • a acquis de nouvelles connaissances • a acquis de nouvelles connaissances qu'il met en pratique • a acquis de nouvelles connaissances qu'il met en pratique et il se prépare à l'acquisition d'autres connaissances | 0 1 2 3 4 |

Tableau E.2 (Suite) Grille d'évaluation du nds_{moy} pour l'analyse du questionnaire final

| Question | Indicateurs | nds_{moy} |
|--|--|--|
| <p>4. La compilation des données a montré que globalement les participants à ma recherche positionnaient au haut de la liste et en ordre d'importance, les quatre activités du développement de produits suivantes :</p> <p>1- Allouer les ressources financières; 2- Développer des concepts; 3- Sélectionner les idées, les concepts, les projets R&D; 4- Générer des idées;</p> <p>Est-ce que ce classement correspond à ce que vous pensez? OUI____ NON____</p> <p>Si vous avez répondu NON, quel est l'ordre correspondant à votre pensée?</p> | <p>Le participant :</p> <ul style="list-style-type: none"> • est en désaccord avec le classement et place le DC à la fin de la liste • est en désaccord avec le classement et place le DC à la 4e position ou plus • est d'accord avec le classement OU est en désaccord avec le classement et place le DC à la 3^e position • est en désaccord avec le classement et place le DC en 1^{re} position • est en désaccord avec le classement, place le DC en 1^{re} position et ajoute un commentaire d'engagement envers le DC | <p>0</p> <p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p> |
| <p>5. Selon vous, quelle est l'activité la plus incertaine, imprévisible en termes de résultats parmi les trois (3) suivantes (Cochez votre choix) :</p> <p><input type="checkbox"/> Déterminer/Identifier les besoins des clients; <input type="checkbox"/> Transformer ces besoins en concepts; <input type="checkbox"/> Transformer ces concepts en produits;</p> | <p>Le participant :</p> <ul style="list-style-type: none"> • coche la 3^e case • coche la 1^{re} case • coche la 2^e case | <p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> |

| PARTICIPANT | 1. Quels éléments vous ont le plus intéressés? Qu'avez-vous appris? Qu'avez-vous retenu de ma recherche? | 2. Quelle influence a eu ma recherche dans votre pratique? | 3. Avez-vous acquis de nouvelles connaissances en développement de concepts depuis la dernière année (outils, méthodologies, approches, etc.)? Si oui, donnez un exemple s.v.p. | 4. La compilation des données a montré que globalement les participants à ma recherche positionnaient au haut de la liste et en ordre d'importance, les quatre activités du développement de produits suivantes : 1- Allouer les ressources financières; 2- Développer des concepts; 3- Sélectionner les idées, les concepts, les projets R&D; 4- Générer des idées; Est-ce que ce classement correspond à ce que vous pensez? OUI ___ NON ___ | 5. Selon vous, quelle est l'activité la plus incertaine, imprévisible en termes de résultats parmi les trois (3) suivantes (Cocher votre choix) : <input type="checkbox"/> Déterminer/Identifier les besoins des clients; <input type="checkbox"/> Transformer ces besoins en concepts; <input type="checkbox"/> Transformer ces concepts en produits; | Autres commentaires: |
|-------------|---|---|---|---|---|---|
| E | L'idée de mettre plus d'emphasis et de mieux organiser la première phase de l'activité de conception plait évidemment à tout ingénieur, moi compris. D'un point de vue business, il reste encore à se convaincre qu'un meilleur investissement "Upfront" améliorera l'efficacité de la solution qui sera retenue. Intéressant de constater que depuis quelques années, un des trends de l'industrie est de justement investir + en innovation (peu importe la définition que l'industrie porte au mot innovation.) Une méthodologie de génération d'idée et de sélection apparaît dans ce contexte très approprié. 3 | Renforcement de ma conviction que les activités de développement doivent être mieux ciblées, plus organisées. (fait bien avouer que mes nouvelles fonctions m'ont aussi influencé...) | Oui, nouveaux outils déployés dont un outil web permettant de mettre en commun et disponible les nouvelles idées de toute une organisation et offrant la possibilité aux participants de bonifier ces mêmes idées; concept d'"open innovation" et un autre concept qui porte à réfléchir. Notre système de protection de propriété intellectuelle peut être vu comme un frein au développement techno, en ce sens qu'il prévient la connaissance d'être diffusée au large et empêche des utilisateurs potentiels de faire progresser celles déjà brevetées... | Non 1er : Générer des idées 2e : Sélectionner les idées 3e : Allouer les \$ 4e : Développer les concepts | Transformer ces besoins en concepts. | |
| P | L'importance allouée à la préparation et l'organisation à faire avant de se lancer dans le développement d'un concept. C'est à dire, allocation des ressources, choix des méthodes de travail. 3 | Une influence positive et une nouvelle perspective pour une approche plus raffinée et planifiée. | Une approche que nous faisons dans mon département est de faire un liste de concepts semblables répertoriés soit par contrat, produit ou besoin et d'analyser leur évolution au cours des ans afin d'identifier les éléments qui ont changé, le pourquoi et voir les impacts sur les coûts et performance. 3 | Oui. | Déterminer/Identifier les besoins des clients. | C'est mon opinion que souvent on ne passe pas assez de temps à bien cerner les besoins à rencontrer avant de se lancer en design. Une fois bien compris, les possibilités sont infinies pour former des concepts et les transformer en produits. |
| L | Étant donné que j'avais déjà travaillé il y a quelques années sur le processus de conception sous la tutelle de M. X, Vice-Président Ingénierie, les concepts mentionnés ci-dessus ne sont pas nouveaux pour moi. 2 | Aucune | Un collègue travaillant dans notre équipe a suivi un cours l'an dernier sur la méthode TRIZ pour faciliter la génération d'idée dans un contexte de création de produits. 1 | Oui. | Transformer ces concepts en produits. | J'ai choisi TRANSFORMER CES CONCEPTS EN PRODUITS car c'est cette étape qui nécessite le plus d'investissement (en heures et en dollars) pour une compagnie et elle est dépendante de la qualité des ressources qui vont mener à bien l'exécution du travail. 1 |

Figure E.7 Extrait de la grille d'analyse – Questionnaire QF - Participants E, L et P

ANNEXE F

CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES

**LETTRE D'INFORMATION ET FORMULAIRE DE CONSENTEMENT : MEMBRES
DE L'ÉQUIPE DE DÉVELOPPEMENT DE PRODUITS – INGÉNIEURS ET
TECHNICIENS - GESTIONNAIRES : DIRECTEUR, CHEF DE SERVICE,
INGÉNIEURS DE PROJET ET CHARGÉ DE PROJET**

Invitation à participer et formulaire de consentement pour le projet de recherche :
**Modélisation systémique du développement de produits comme levier d'engagement de
ses acteurs dans une démarche d'innovation**

Bruno Leclerc, doctorant, Département de génie mécanique, Université de Sherbrooke
Programme de Doctorat en génie mécanique, sous la direction de M. Patrik Doucet, ing.,
Ph.D,

Professeur, Département de génie mécanique, Faculté de génie, Université de Sherbrooke
2500, boul. de l'Université, Sherbrooke (QC) J1K 2R1, 819-821-8000, poste 63151,
patrik.doucet@usherbrooke.ca

Madame, Monsieur,

Nous vous invitons à participer à la recherche en titre, appuyée par E2, visant à déterminer, dans un contexte de développement de produits (DP), si l'élaboration puis la mise en œuvre d'un méta-outil de DP (le modèle systémique du DP) contribuent à faire saisir le *sens* du processus de DP et à le faire comprendre suffisamment pour motiver, mobiliser et engager ses acteurs à mieux réussir et à s'améliorer continuellement.

La recherche adressera plus spécifiquement les objectifs suivants :

- Élaborer et documenter la démarche de modélisation du méta-outil afin d'en permettre la reproduction;
- Étudier théoriquement le méta-outil par comparaison aux représentations existantes dans la littérature et aux théories et principes reconnus du domaine du DP;
- Expérimenter une démarche permettant de présenter, d'utiliser et de faire évoluer le méta-outil auprès d'une équipe d'acteurs du DP;
- Connaître ce que le méta-outil a pu susciter ou produire chez les acteurs du DP au-delà du *sens* mentionné.

En quoi consiste la participation au projet?

Votre participation à ce projet de recherche se fera pendant les heures normales de travail d'avril à décembre 2010.

Vous serez d'abord rencontré par le doctorant pour une entrevue individuelle d'une durée d'environ 1 heure afin de vérifier votre consentement et de déterminer comment vous « gérez les nouvelles idées ». Cette entrevue sera enregistrée sur support audio. Par la suite, vous aurez à répondre à deux reprises à un questionnaire sur le DP basé sur une échelle de Likert et à un questionnaire de comparaison par paire sur les activités typiques du DP (4 X 15 min). Vous serez également appelé à participer à deux rencontres de groupe (2 h par rencontre dont les 15 dernières minutes de récapitulation feront l'objet d'un enregistrement) pour la présentation du méta-outil et pour confirmer ou infirmer les conclusions préliminaires du doctorant. Vous

serez enfin conviés à une rencontre individuelle semi-dirigée finale, faisant l'objet d'un enregistrement, pour confirmer ou infirmer les conclusions préliminaires émanant de l'analyse des données (30 min par rencontre). La durée total de votre participation est estimée à 6,5 heures, échelonnées sur une période de 9 mois.

Le doctorant, agissant à titre de participant-observateur au sein de l'équipe de façon intensive, aura des contacts réguliers avec vous au même titre que n'importe quel membre d'une équipe de développement de produits. Il sera le plus souvent dans une position de « donneur » (participant) et d'observateur plutôt que dans une position de « demandeur » par rapport à vous. Il colligera les notes, les observations et les incidents sur une base journalière dans un journal chronologique des événements.

Le seul inconvénient lié à votre participation est le temps consacré à la recherche, soit environ une durée totale de **6,5 h** pendant la période s'étalant d'avril à décembre 2010.

Il est possible que vous ressentiez un malaise par rapport à certaines questions qui vous seront posées. Si c'est le cas, vous êtes libres de refuser de répondre à toute question.

Qu'est-ce que le chercheur fera avec les données recueillies?

Pour éviter votre identification comme personne participante à cette recherche, les données recueillies par cette étude seront traitées de manière **entièrement confidentielle**. La confidentialité sera assurée en utilisant des codes alfa numériques. Les résultats de la recherche ne permettront pas d'identifier les personnes participantes. Les résultats seront diffusés après leur anonymisation et les moyens envisagés sont la publication de la thèse de doctorat, des publications dans des revues scientifiques et des communications à des conférences. Les données recueillies seront conservées sous clé dans le bureau du doctorant et celui-ci sera la seule personne qui y aura accès. Les données ne seront pas utilisées par des étudiantes et étudiants de maîtrise ou de doctorat, qui réaliseraient une recherche sur une thématique étroitement liée au projet original. Les données non anonymisées seront détruites au plus tard 5 ans après le dépôt prévu de la thèse (soit en 2016) et ne seront pas utilisées à d'autres fins que celles décrites dans le présent document. Les données anonymisées et traitées pourraient être conservées sur une plus grande période.

Vous et les autres personnes qui participerez aux rencontres de groupe connaîtrez l'identité des personnes participantes et des renseignements et opinions partagés lors des discussions. Nous comptons sur votre collaboration afin de préserver la confidentialité de ces informations.

Est-il obligatoire de participer?

Non. La participation à cette étude se fait sur une base volontaire. Vous êtes entièrement **libre de participer ou non**, et de vous retirer en tout temps sans avoir à motiver votre décision ni à subir de préjudice de quelque nature que ce soit. De plus, il est entendu que les questionnaires n'appliqueront aucune pression de quelque nature que ce soit sur les participants dans le but de les forcer à participer à la recherche.

Y a-t-il des risques, inconvénients ou bénéfices?

Les données recueillies dans le cadre du projet ne pourront pas avoir d'influence sur l'évaluation de la performance des employés participants à la recherche. Ces données ne sont aucunement accessibles par les supérieurs.

Au-delà des risques et inconvénients mentionnés jusqu'ici, le doctorant et son directeur de recherche considèrent que les risques possibles sont minimaux. La contribution à l'avancement des connaissances scientifiques, le développement des connaissances des outils méthodologiques de conception de produits, la conception de produits de meilleure qualité et à moindre coût, le développement des compétences en gestion de l'innovation, le développement des qualités humaines (relations interpersonnelles), le développement accéléré des compétences en conception de systèmes (pour la relève), le développement de la capacité à affronter l'incertitude (approche systémique) et la contribution à l'amélioration du climat de travail favorisant l'innovation constituent les bénéfices prévus. Aucune compensation d'ordre monétaire n'est accordée.

Que faire si j'ai des questions concernant le projet?

Si vous avez des questions concernant ce projet de recherche, n'hésitez pas à communiquer avec moi aux coordonnées indiquées ci-dessous.

Bruno Leclerc, ing., M.Sc.
Doctorant en génie mécanique
bruno.a.leclerc@usherbrooke.ca

*J'ai lu et compris le document d'information au sujet du projet **Modélisation systémique du développement de produits comme levier d'engagement de ses acteurs dans une démarche d'innovation**. J'ai compris les conditions, les risques et les bienfaits de ma participation. J'ai obtenu des réponses aux questions que je me posais au sujet de ce projet. J'accepte librement de participer à ce projet de recherche.*

-
- J'accepte de participer aux différentes étapes du projet de recherche telles que décrites dans le présent formulaire*
 - Je m'engage à respecter la confidentialité des renseignements partagés lors des rencontres de groupe (noms des autres participants et informations dévoilées).*
 - Gestionnaire seulement** : Je m'engage à respecter le libre choix des participants sous ma supervision à participer ou non à la recherche.*
-

Participante ou participant :

Signature :

Nom :

Date :

**S.V.P. Signez les deux copies.
Conservez une copie et remettez l'autre à Bruno Leclerc.**

Ce projet a été revu et approuvé par le comité d'éthique de la recherche Éducation et sciences sociales, de l'Université de Sherbrooke. Cette démarche vise à assurer la protection des participantes et participants. Si vous avez des questions sur les aspects éthiques de ce projet (consentement à participer, confidentialité, etc.), n'hésitez pas à communiquer avec M. André Balleux, président de ce comité, au 819 821-8000 poste 62439 ou à Andre.Balleux@USherbrooke.ca.

ANNEXE G

JOURNAL CHRONOLOGIQUE DES ÉVÉNEMENTS

G.2 Grille d'évaluation des NDS pour le JCE

Tableau G.2 Indicateurs de NDS pour l'analyse des observations du JCE

| Indicateurs | État | nds |
|---|--------------------|-----|
| Poser une question relative au DC | Neutre-indifférent | 1 |
| Montrer un intérêt au DC sans plus | Neutre-indifférent | 1 |
| Dire que le DC est utile sans plus | Neutre-indifférent | 1 |
| S'intéresser à l'utilisation d'un outil de DC | Motivé-intéressé | 2 |
| Utiliser l'analyse fonctionnelle avec conviction | Motivé-intéressé | 2 |
| Proposer des concepts | Motivé-intéressé | 2 |
| Être ouvert aux concepts des autres | Motivé-intéressé | 2 |
| Mentionner que le DC est important et plaisant | Motivé-intéressé | 2 |
| Mentionner que les outils de DC sont utiles | Motivé-intéressé | 2 |
| Montrer du jugement dans l'utilisation des outils de DC | Motivé-intéressé | 2 |
| Reconnaitre l'existence d'outils en DC | Motivé-intéressé | 2 |
| Savoir utiliser les outils de DC intelligemment | Motivé-intéressé | 2 |
| S'intéresser à ce que les autres concepteurs réalisent | Motivé-intéressé | 2 |
| Reconnaitre l'impact du DC sur le reste du processus de DP | Motivé-intéressé | 2 |
| Comprendre l'infinie possibilité de domaine des concepts | Motivé-intéressé | 2 |
| Tenir compte de la fabrication dans le concept | Motivé-intéressé | 2 |
| Mentionner l'importance de découvrir tôt les défaillances du concept | Motivé-intéressé | 2 |
| Reconnaitre que l'expérience est importante pour faire de bons concepts | Motivé-intéressé | 2 |

Tableau G.2 (Suite) Indicateurs de NDS pour l'analyse des observations du JCÉ

| Indicateurs | État | nds |
|---|-----------------------|------------|
| Être convaincu de l'influence du concept sur la production | Motivé-intéressé | 2 |
| Reconnaitre l'importance du système de décision dans le DC | Motivé-intéressé | 2 |
| Mentionner qu'on devrait réserver plus de temps au DC | Mobilisé-enthousiaste | 3 |
| Participer et contribuer significativement à une activité de GC | Mobilisé-enthousiaste | 3 |
| Apprécier une activité de GC et vouloir qu'elle se reproduise | Mobilisé-enthousiaste | 3 |
| Apprécier faire du DC collectivement | Mobilisé-enthousiaste | 3 |
| Faire de la validation de concepts | Mobilisé-enthousiaste | 3 |
| Faire valider le concept par le client | Mobilisé-enthousiaste | 3 |
| Chercher continuellement à s'améliorer en DC | Engagé-passionné | 4 |
| Être toujours à l'affût de nouveaux concepts | Engagé-passionné | 4 |
| Organiser et animer des séances de GC | Engagé-passionné | 4 |
| Adapter les méthodologies et outils de GC | Engagé-passionné | 4 |
| Élever le NDS des acteurs du DP à l'égard du DC | Engagé-passionné | 4 |

ANNEXE H

ACTIVITÉ DE GÉNÉRATION DE CONCEPTS

H.1 Présentation de la méthodologie de génération de concepts

La méthodologie de génération de concepts a été présentée aux participants sous la forme d'un atelier de 3 jours :

JOUR 1:

Lancement;

Développement des concepts;

JOUR 2:

Développement des concepts;

JOUR 3:

AM:

Développement des concepts;

Préparation de la présentation (Il faut « vendre » son concept).

PM:

Présentation des concepts;

Confrontation (Matrice de PUGH);

Choix ou développement d'un « bon » concept.

Dans un premier temps, un lancement de l'atelier permet de réunir les acteurs de l'activité de génération de concepts. Les tenants et aboutissants de l'exercice proposé leur sont expliqués. Le lancement devait permettre de créer une mobilisation et un engagement des participants à performer dans la génération de concepts. On procède aussi à la formation des équipes de conception.

Tel que représenté à la figure H.1, il est proposé de former des équipes de conception (3 équipes au minimum de 1, 2 ou 3 personnes), de profils différents (différentes disciplines, compétences, connaissances, expériences) qui ont chacune le mandat de créer des concepts

individuellement pendant une période prédéterminée. Les concepts développés devraient être schématisés sur un média quelconque et décrits dans le but d'être présentés, expliqués et critiqués ultérieurement.

Par la suite, une liste des critères d'évaluation des concepts, établie lors d'un exercice préalable, est présentée aux participants. Ces critères permettent d'évaluer les concepts avec la matrice de PUGH lors du JOUR 3.

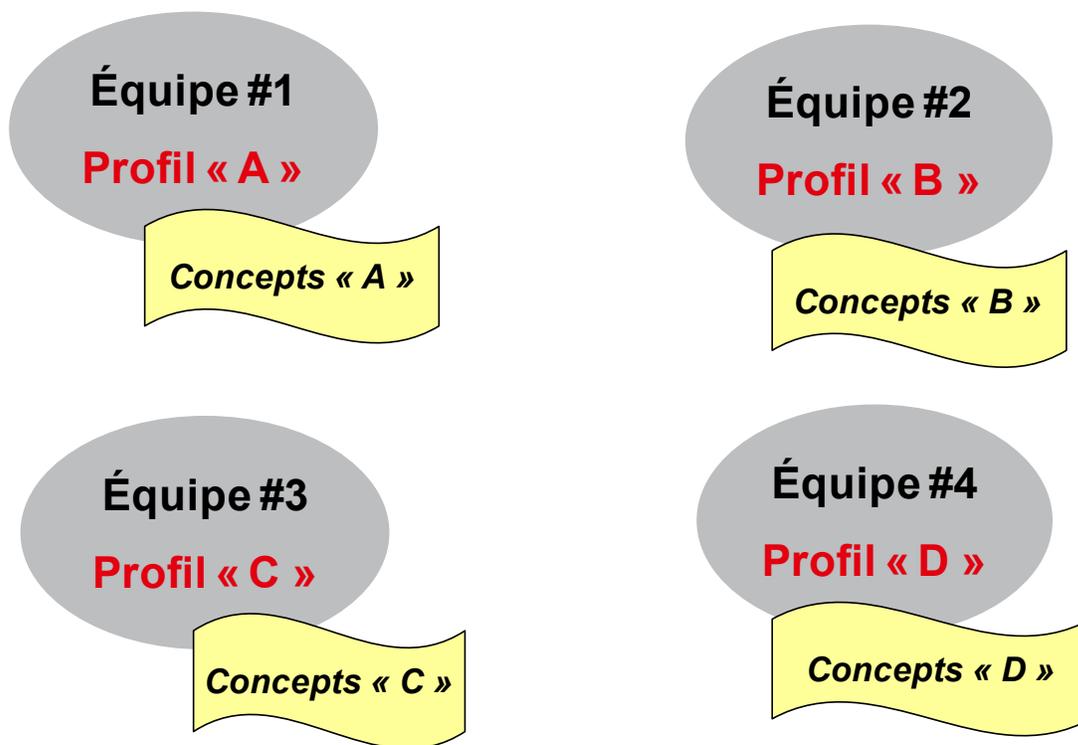


Figure H.1 Constitution d'équipes de conception de profils différents

Finalement, une période de temps prédéterminée est consentie aux équipes pour qu'elles développent séparément et « secrètement » des concepts... Elles doivent préparer une présentation de leurs concepts : schémas, description complète, argumentation. Les équipes doivent « vendre » leurs concepts! Il est recommandé également d'attribuer un nom significatif aux concepts proposés, une sorte de « marque de commerce », pour en faciliter

l'identification et rendre le jeu amusant... De plus, plusieurs outils de conception pourraient être utilisés pour aider les équipes à leur convenance : DFMA, FMEA, Analyse fonctionnelle, etc.

H.2 Déroulement de l'atelier de génération de concepts

Le 28 mai 2009, le doctorant discute avec « A » de l'organisation d'un atelier de GC dans la semaine du 15 juin (Réf. : ligne 197 du journal chronologique des événements numérisé).

Le 2 juin 2009, « A » demande au doctorant de préparer une présentation de l'atelier de GC d'au plus 15 minutes pour la réunion de l'équipe de DP sous la gouverne de « A » prévue le lendemain (Réf. : ligne 198 du journal chronologique des événements numérisé).

Le 3 juin 2009, le doctorant présente l'atelier de GC avec une présentation Powerpoint à l'équipe de DP composée notamment des participants à la recherche « A, B, C, F, J, K, M et N » (Réf. : ligne 223 du journal chronologique des événements numérisé). Cette même journée, « C » demande de participer à l'atelier de GC proposé (Réf. : ligne 225 du journal chronologique des événements numérisé).

Le 5 juin 2009, « K » demande à son tour de participer à l'atelier de GC proposé (Réf. : ligne 228 du journal chronologique des événements numérisé).

Le 15 juin 2009, le participant « E », directeur en charge de l'équipe de DP impliquée dans cet atelier, manifeste son intérêt et le désire d'être tenu au courant des résultats après avoir été informé de l'activité de GC (Réf. : ligne 283 du journal chronologique des événements numérisé).

L'atelier de GC est lancé le 16 juin 2009 en présence des participants « A, C, K, L, M, N et P » qui ont été sollicités par le doctorant (hormis « C » et « K » qui se sont proposés eux-mêmes) pour participer à l'atelier sur une base volontaire selon les principes discutés au chapitre 2. « O » est absent à ce moment, bien qu'il ait accepté de participer à l'atelier, car il est à l'extérieur du pays dans le cadre de ses fonctions. Le sujet de l'atelier porte sur un

élément qui a toujours été problématique dans le passé pour E1. Le participant « L », un gestionnaire de DP, aimerait que soit développé un concept pouvant devenir un standard pour les contrats futurs.

Le 22 juin 2009, « P » mentionne qu'elle participera à l'atelier via « Sametime » étant basée à l'extérieur du pays. Elle trouve l'exercice très intéressant. Elle croit qu'on devrait le faire plus souvent (Réf. : ligne 292 du journal chronologique des événements numérisé).

Les participants « A, C, G, H, K, L, M, N, O et P » sont finalement impliqués directement dans l'atelier à titre de concepteur ou de gestionnaire selon le cas.

Le 23 juin 2009, « O », « P », « C », « K » et « N » présentent leurs concepts de nature très différente telle que favorisée par la méthodologie. Cinq concepts sont ainsi exposés et expliqués. Les résultats sont appréciables. En comparaison, les revues de conception auxquelles le candidat a pu assister (les 4 mai, 9 mai, 10 et 11 juin 2009) et dans lesquels les concepts sont présentés aux « invités » par le concepteur lui-même se limite à un concept de base (conventionnel ou à améliorer) et un concept « amélioré » et parfois un nouveau concept (Réf. : lignes 46 à 117, 120 à 182, 236 à 267 et 272 à 280 du journal chronologique des événements numérisé).

Le 23 juin 2009, « O » mentionne qu'il a apprécié l'activité de génération de concepts (Réf. : ligne 393 du journal chronologique des événements numérisé).

Le 26 juin 2009, « A » signale que les gens de l'usine aux É.-U., dont « P », ayant participé à l'atelier de GC, ont beaucoup apprécié l'expérience et qu'ils aimeraient qu'elle soit répétée pour d'autres produits. « A » arrivait d'une visite à l'usine des É.-U (Réf. : ligne 395 du journal chronologique des événements numérisé).

Le 2 juillet 2009, une revue de conception des concepts raffinés de la séance du 23 juin a lieu. « N » présente 2 concepts raffinés, « K » et « P » présentent leurs concepts « améliorés » également (Réf. : lignes 400 à 485 du journal chronologique des événements numérisé).

Le 6 juillet 2009, le concept choisi est en phase de prototypage pour la présentation au client (Réf. : ligne 486 du journal chronologique des événements numérisé).

Le 7 juillet 2009, le concept est présenté au client (Réf. : ligne 488 du journal chronologique des événements numérisé).

Le 8 juillet 2009, « A » présente le verdict du concept présenté au client la journée précédente et ce dernier n'aime pas ce qui a été présenté (Réf. : ligne 501 du journal chronologique des événements numérisé). Plus tard, « A » mentionne que les gens de l'usine aux É.-U. ont vraiment apprécié l'atelier de GC. Elle pense que le candidat va « scorer » fort sur les formulaires d'évaluation (Réf. : ligne 505 du journal chronologique des événements numérisé).

Le 20 octobre 2009, soit plus de deux mois après l'activité de GC, « N » s'en remémore en mentionnant qu'il a bien aimé l'atelier. Selon lui, tout le monde a apprécié, à preuve la grande participation des acteurs à l'exercice. Il y voit beaucoup de bénéfices pour un futur contrat. « N » a trouvé l'activité très bien organisée et selon lui, les acteurs ont appris beaucoup sur « l'élément problématique », objet de l'atelier de GC (Réf. : ligne 670 du journal chronologique des événements numérisé).

Dans un courriel daté du 2 février 2011, « A » explique le concept final accepté par le client. Il constitue un « concept hybride » de ce qui avait été généré auparavant.

ANNEXE I

SIMULATION DU MSDC

I.1 Distributions de probabilité et algorithme de Monte Carlo

Pour les simulations de Monte Carlo, des distributions discrètes de probabilité ont été utilisées afin de caractériser la performance en DC des concepteurs (voir la figure I.1). Le même principe a été utilisé pour définir la performance des décideurs dans la sélection des concepteurs (voir figure I.2) et dans la sélection des concepts (voir figure I.3). L'astuce utilisée permet en fait de ségréger les différents types de concepteurs et de décideurs selon leurs performances respectives, du meilleur au pire acteur, en s'intéressant plus aux différences qu'aux valeurs absolues. Ainsi, par exemple, il est plus probable que le Concepteur 1, défini comme le meilleur concepteur (voir le 1^{er} graphique en haut à gauche de la figure I.1), génère des concepts de valeur « 1 » qu'il en génère de valeur « 0,8 », « 0,6 », « 0,4 » ou « 0,2 ». En fait, la probabilité augmente en fonction de l'augmentation de la valeur du concept. Par contre, pour le Concepteur 5 nommé le pire concepteur, la probabilité diminue en fonction de l'augmentation de la valeur du concept (voir le dernier graphique en bas à gauche de la figure I.1). Les Concepteurs 2 à 4 correspondent à des concepteurs dont les performances se situent par gradation entre celles du Concepteur 1 et du Concepteur 5. Il peut être observé que le cumul des probabilités égale à 1 par définition comme il est montré sur l'axe de droite du graphique. Il faut noter qu'aucune référence au temps n'est faite. Plus un concepteur est bon, plus la probabilité qu'il génère des concepts de plus grandes valeurs est élevée à n'importe quel moment. À l'inverse, plus un concepteur est mauvais, plus la probabilité qu'il génère des concepts de plus grandes valeurs est faible. Les mêmes raisonnements s'appliquent pour les décideurs.

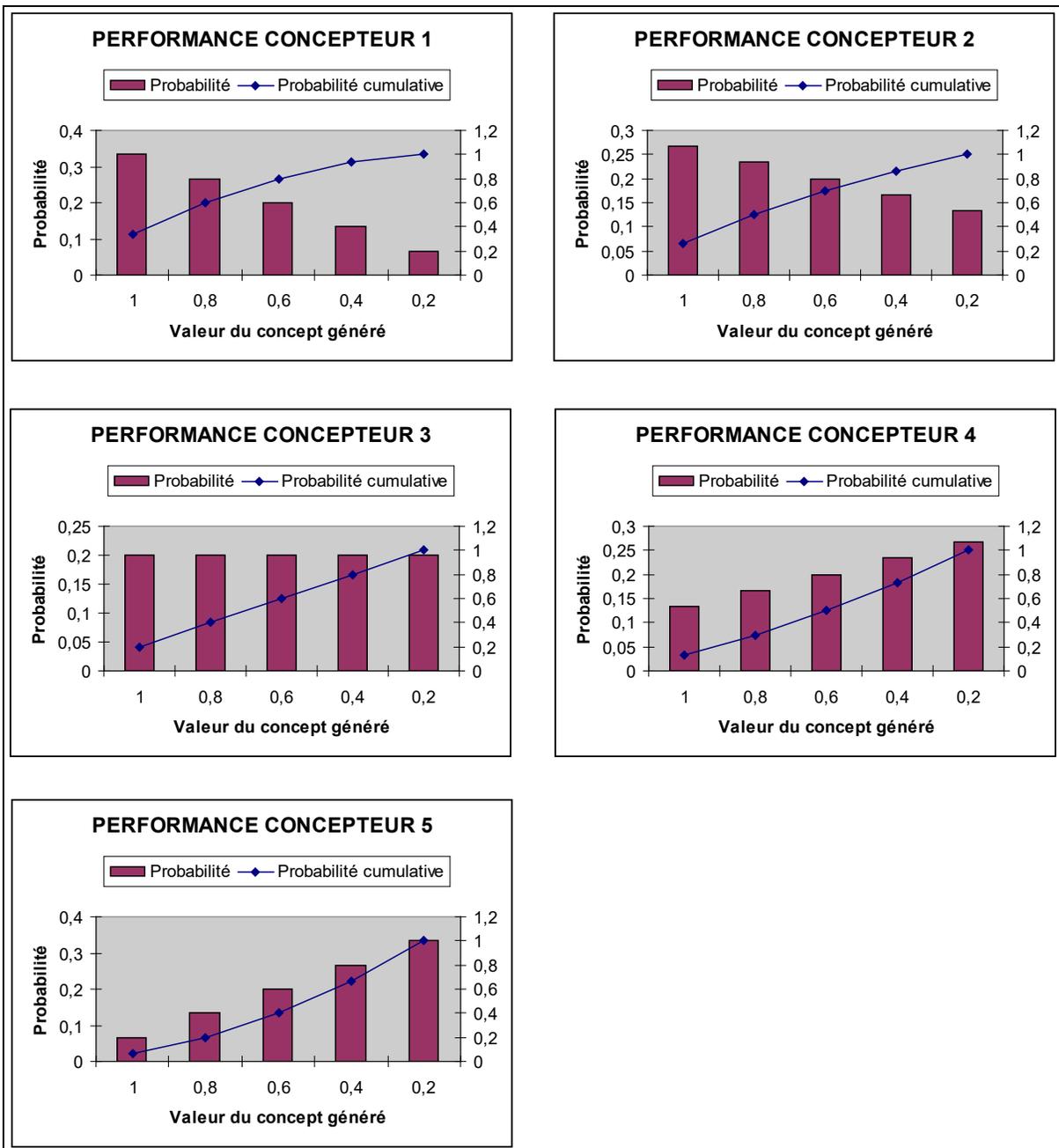


Figure I.1 Distribution de probabilité de la performance de concepteurs

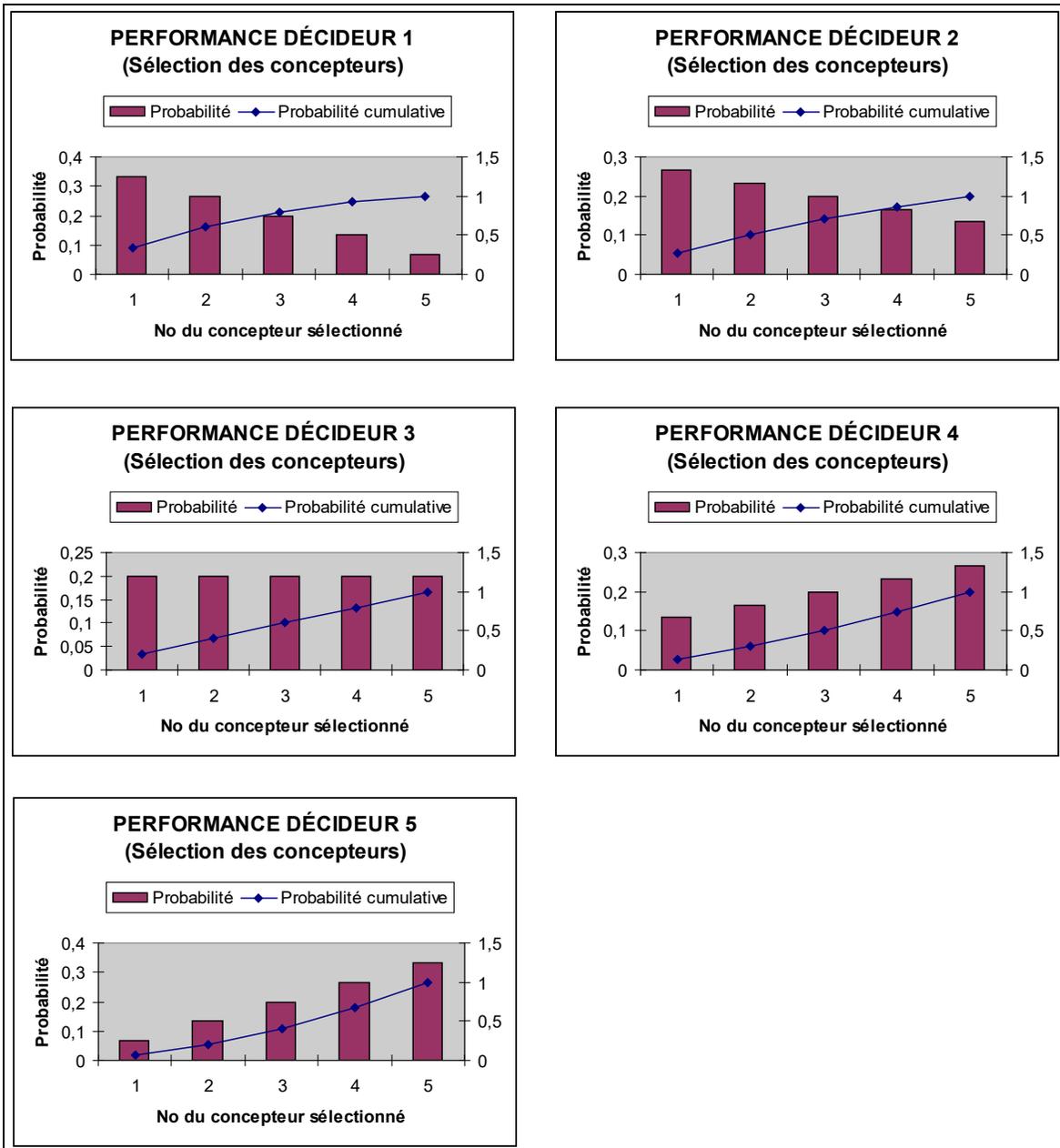


Figure I.2 Dist. de prob. de la performance des décideurs dans la sélection des concepteurs

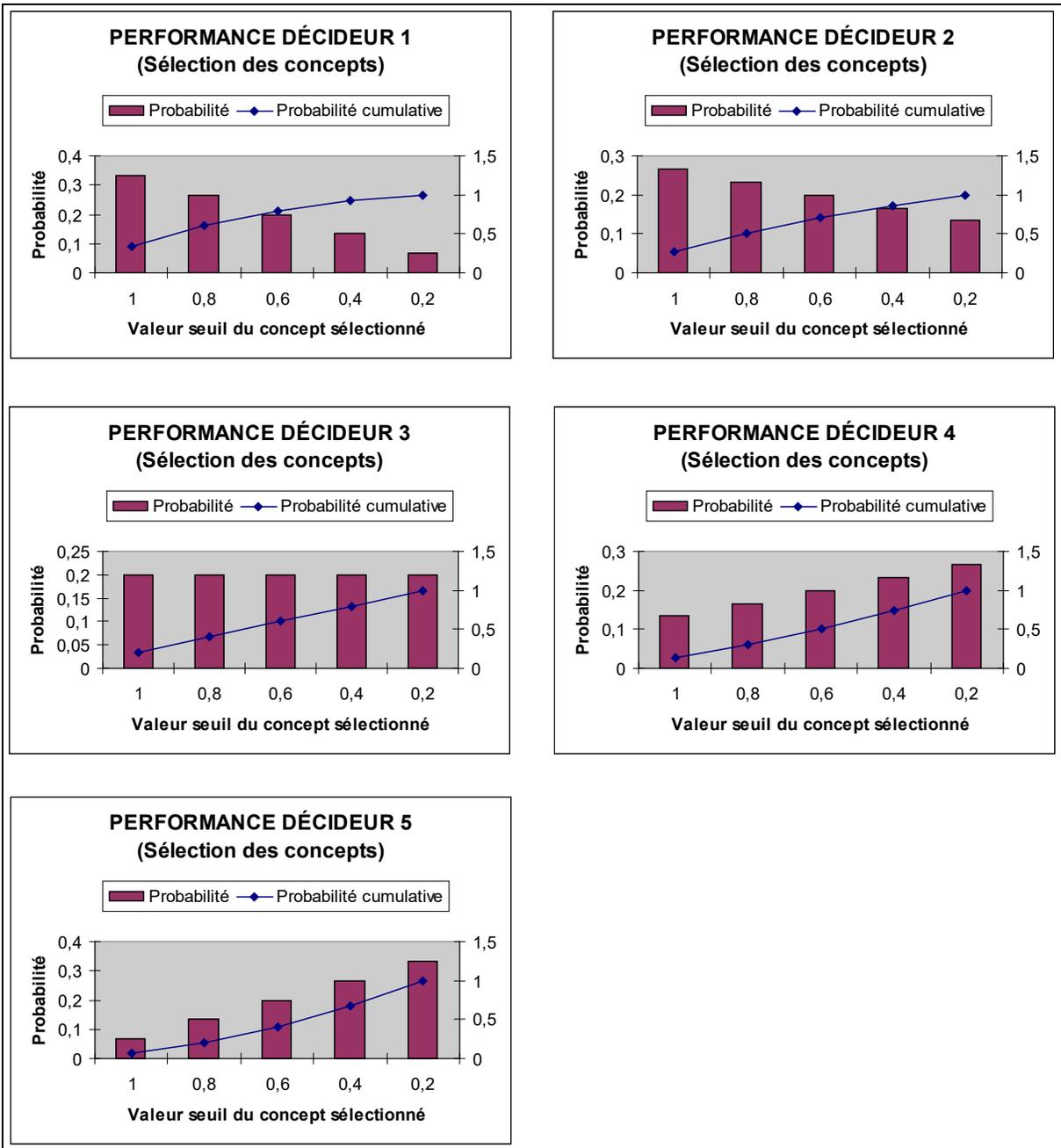


Figure I.3 Dist. de prob. de la performance des décideurs dans la sélection des concepts

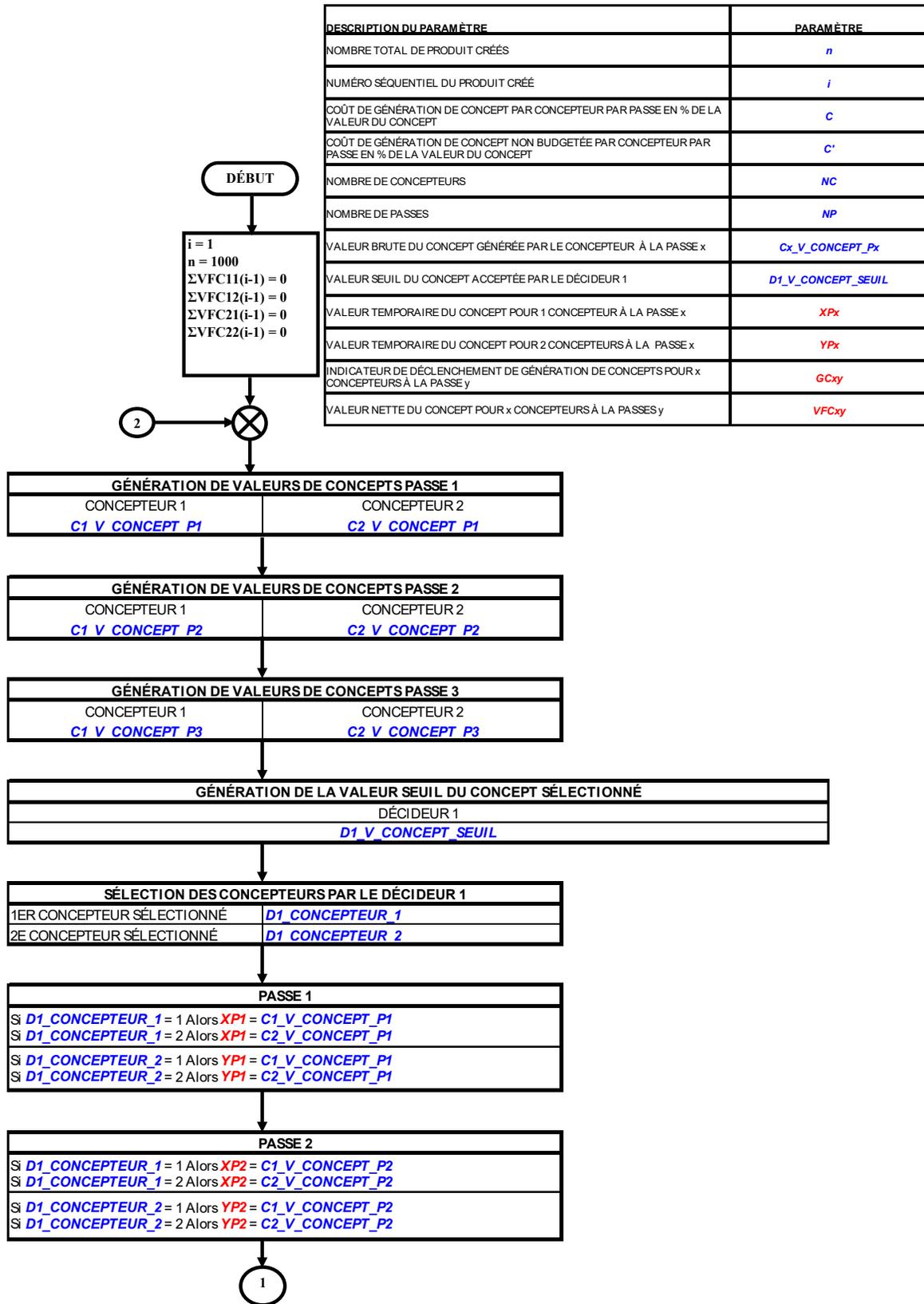


Figure I.4 Algorithme simplifié de la simulation de Monte Carlo

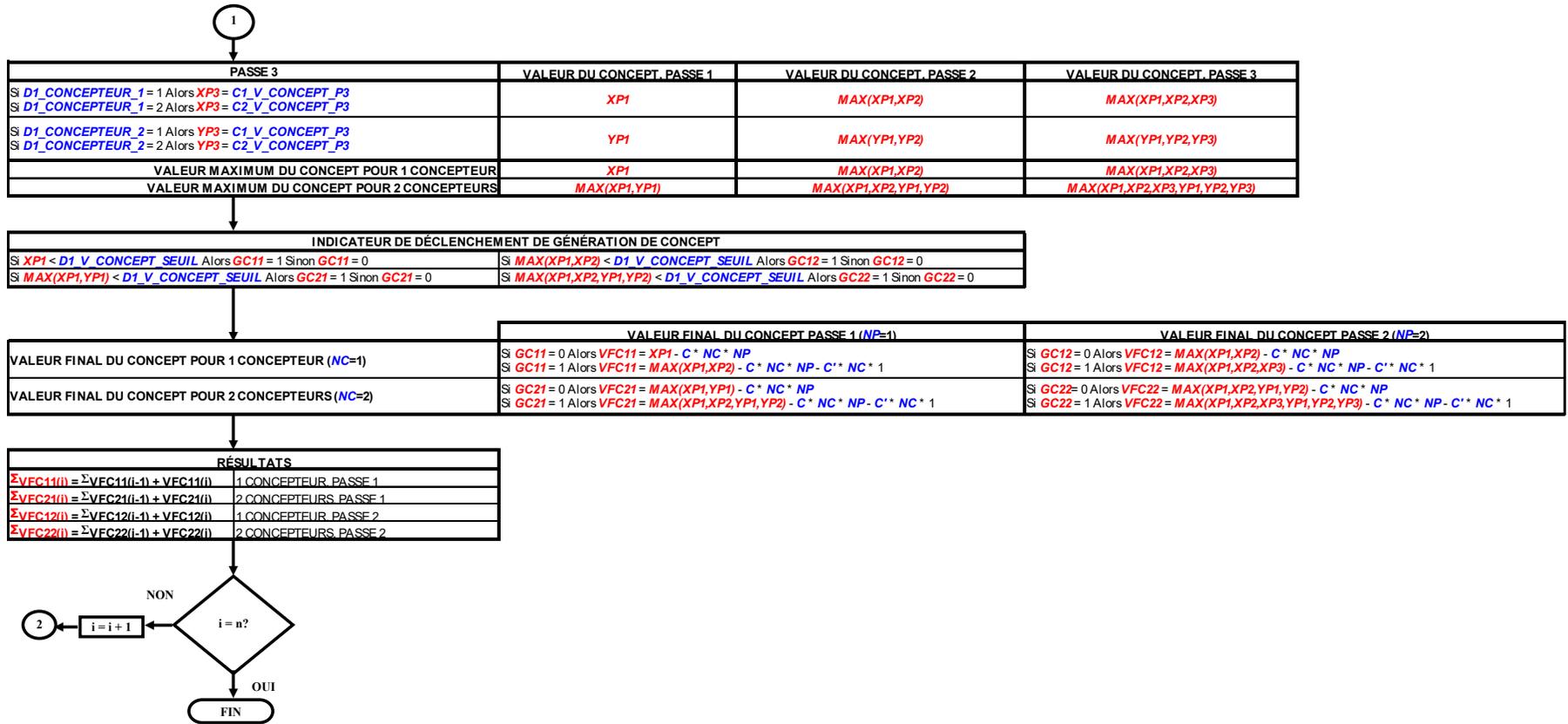


Figure I.4 (suite) Algorithme simplifié de la simulation de Monte Carlo

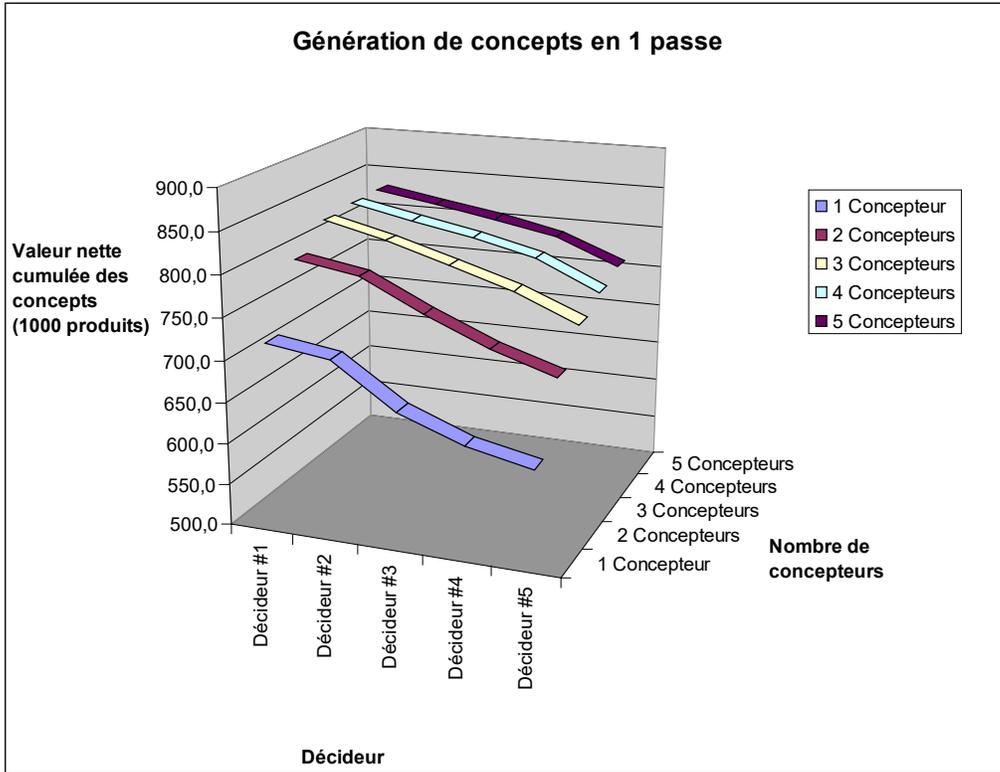


Figure I.5 Graphe des données du tableau 6.1 pour la 1^e passe de génération de concepts

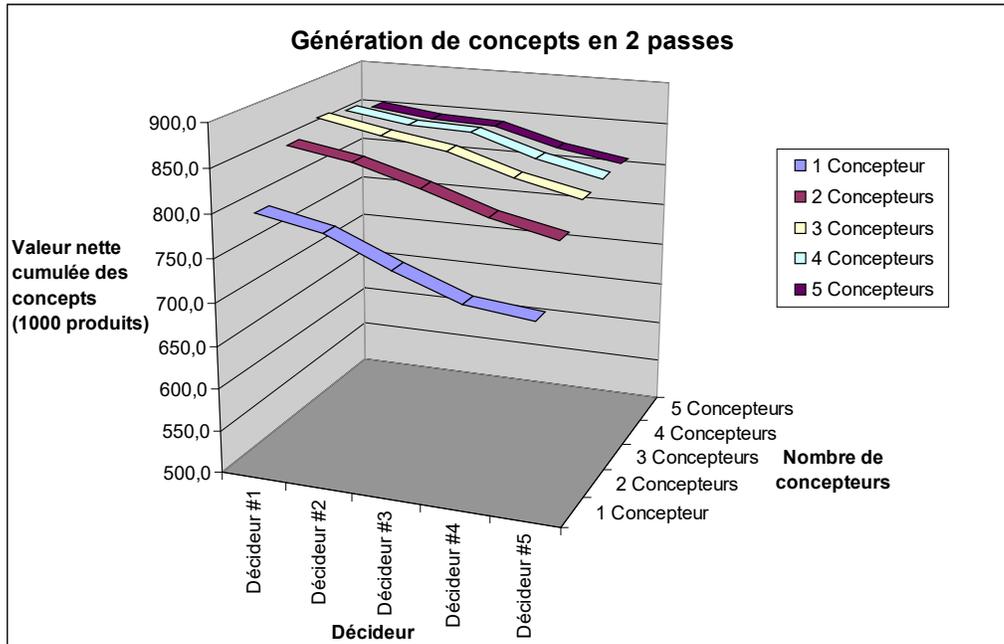


Figure I.6 Graphe des données du tableau 6.1 pour la 2^e passe de génération de concepts

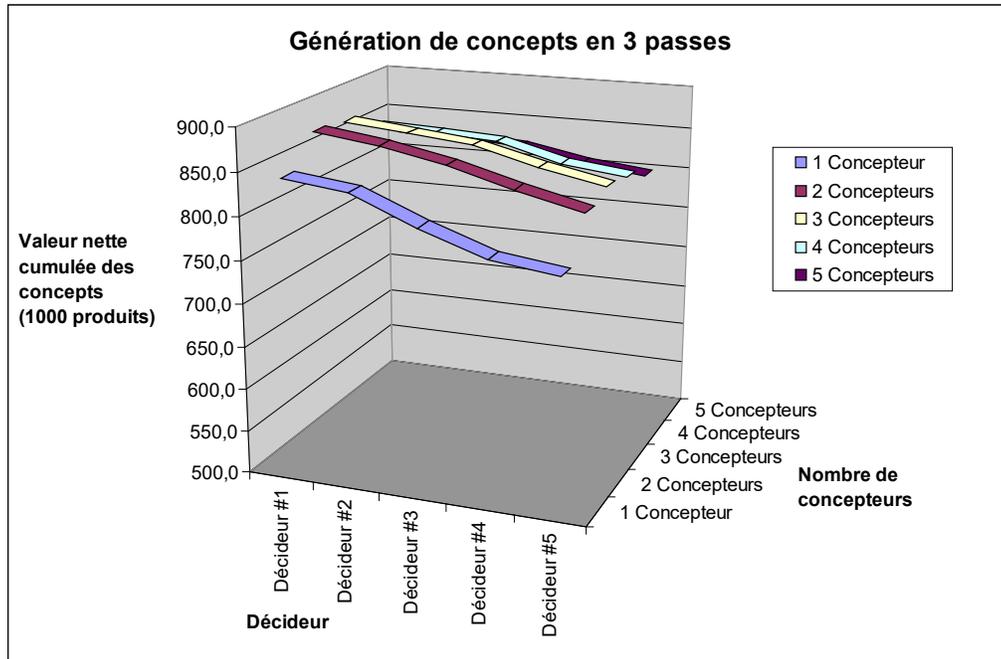


Figure I.7 Graphe des données du tableau 6.1 pour la 3^e passe de génération de concepts

LISTE DES RÉFÉRENCES

- Abbott, S. (2005). Innovation Management: Creating the Conditions for Success. Report 1, July 2005, Schulich Executive Education Centre.
- Akay, D. (2007). Evaluation of product design concepts using grey-fuzzy information axiom. *Journal of Grey System*, vol. 19, no 3, p. 221-234.
- Alvarez A., H.R. (2002). *A diagnostic investigation and a corrective model for implementing change in response to innovation*. Thèse de doctorat, University of Missouri-Columbia, Columbia, Missouri, 305 p.
- Amabile, T.M. (1983). *The social psychology of creativity*. New York, Springer-Verlag, 245 p.
- Amabile, T.M., Hadley, C.N., Kramer, S.J. (2002). Creativity Under the Gun, *Harvard Business Review*, vol. 80, no 8, p. 3-11.
- Anonyme (2005). The Innovative Organization : Lessons Learned from Most Admirated Companies., *Hay Insight Selections – A Regular Series on Workforce Issues*, Selection 8 April 2005, Hay Group's survey research division, p. 1-4.
- Ariely, D. (2009). *Predictably Irrational*. Édition revue et étendue, New York, Harper-Collins Publishers, 349 p.
- Altshuller, G. (2000). *The Innovation Algorithm – TRIZ, systematic innovation and technical creativity*, 2^e éd., Worcester, Technical Innovation Center, 312 p.
- Arena, L., Bérard, C. (2011). La simulation : une double-utilité en sciences de la gestion. *AIMS*, <halshs-00673175>, p. 1-26.
- Aubin, J.P., Bayen, A., Bonneil, N., Saint-Pierre, P. (2005). Théorie de la viabilité – Régulation de l'Évolution de systèmes de Réseaux et Morphogénèse des Contraintes sous Incertitude Tychastique. Laboratoire d'Application des Systèmes Tychastiques Régulés p. 1-15.
- Aubin, J.P. (2005). Évolution Tychastique, Stochastique et Contingente. Laboratoire d'Application des Systèmes Tychastiques Régulés p. 1-4.
- Autissier, D., Bensebaa, F., Badot, O., Bradet, J., David, A., Giordano, Y., Giroux, N., Kœnig, J., Laroche, H., Le Goff, J., Lorino, P., Rojot, J., Vandangeon Derumez, I, Venard, B., Vidaillet, B., Wacheux, F. (2006). *Les Défis du Sensemaking en Entreprise : Karl E. Weick et les sciences de la gestion*. Paris, Economica, 283 p.
- Autissier, D., Wacheux, F. (2007). *Manager par le sens*. Paris, Eyrolles, 246 p.

- Autissier, D., Vandangeon, I., Vas, A. (2014). *Conduite du changement : concepts-clés*. 2^e éd., Paris, Dunod, 272 p.
- Bélangier, M. (2008). « Gérer un projet d'innovation », [en ligne] [http://www.creativitequebec.ca/gestion_de_projet.htm] (consulté le 28 avril 2008).
- Bélangier, M. (2008). Comment évaluer la faisabilité de votre projet d'innovation? *In* Créativité Québec, *Site de Créativité Québec inc.*, [En ligne]. http://www.creativitequebec.ca/Evaluer_invention.html (Page consultée le 28 avril 2008).
- Berger, I.W. (2007). Some Thoughts on Multidisciplinary Innovation. In Business Innovation Factory. BIFSPEAK The BIF Weblog, [En ligne]. <http://blog.irvingwb.com/blog/2007/11/some-thoughts-o.html> (Page consultée le 4 juillet 2008).
- Bers, J.A. (2005). Contribution of Social Constructionism to a Theory of Accelerated Radical Innovation. In Accelerated Radical Innovation Institute. Publications, [En ligne]. http://ari-institute.com/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=30 (Page consultée le 30 juillet 2008).
- Barabási, A.-L., Bonabeau, E (2003). Scale-Free Network. *Scientific American*, Mai 2003, p. 60-69.
- Barcelo, Y. (2007). L'innovation : bien plus qu'une technique, une culture! *Magazine PME*, Novembre 2007, p. 57-58.
- Bergeron, P.-G. (1986). *La gestion dynamique – concepts, méthodes et applications*. Boucherville, Gaëtan Morin Éditeur, 932 p.
- Bériot, D. (2008). *Manager par l'approche systémique*. 3^e tirage, Paris, Éditions d'organisation, Groupe Eyrolles, 340 p.
- Bers, J.A. (2005). Contribution of Social Constructionism to a Theory of Accelerated Radical Innovation. *In* Accelerated Radical Innovation Institute. *Publications*, [En ligne]. http://ari-institute.com/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=30 (Page consultée le 30 juillet 2008)
- Besnier, J.-M. (2008). *Les théories de la connaissance*. Paris, Presses Universitaires de France, 126 p.
- Birmingham, R., Cleland, G., Driver, R., Maffin, D (1997). *Understanding Engineering Design – Context, Theory and Practices*. Hemel Hempstead, Prentice Hall Europe, 159 p.

- Birraux, C., Le Déaut J.Y. (2012). *L'innovation à l'épreuve des peurs et des risques* (N° 4214 ASSEMBLÉE NATIONALE - N° 286 SÉNAT). Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, Paris, France, 319 p.
- Boutin, G. (2008). *L'entretien de recherche qualitatif*. Revue et corrigée, Québec, Presses de l'Université du Québec, 171 p.
- Boothrord, G., Dewhurst, P., Winston, K. (2002). *Product Design for Manufacture and Assembly*. 2e éd., New York, Marcel Dekker Inc., 698 p.
- Busby, J.S., Hibberd, R.E. (2004). Artefacts, Sensemaking and Catastrophic Failure in Railway Systems. *In IEEE, International Conference on Systems, Man and Cybernetics* (p. 6198-6205).
- Byrne, G., Lubowe, D. and Blitz, A. (2007). Driving operational innovation using Lean Six Sigma, IBM Institute for Business Value, IBM Global Business Services, p. 1-14.
- Cattani, G. (2004). *Essay on Technological Evolution*. Thèse de doctorat, University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania, 145 p.
- CFC (2007). Être gestionnaire et humain dans un contexte de changement accéléré : est-ce possible?, *In Le Groupe CFC*. Site du Groupe CGC, [En ligne]. <http://www.groupecfc.com/fr-CA/ActualitesCFC/FicheNouvelle.aspx?InfoID=1640> (Page consultée le 13 juillet 2008).
- Chartier, L., Boutin, C., Gendron, M., Savard, A., Beaulieu, L. (2008). De la mobilisation à l'engagement, ou l'art de susciter des supercontributions. Montréal, Bulletin CFC (Groupe Conseil CFC), Édition 2008-2009, p.1-4.
- Chesbrough, H. (2003). *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Boston, Harvard Business Press, 227 p.
- Cholle, F. (2007). *L'intelligence intuitive pour réussir autrement*. Paris, Édition d'organisation, Groupe Eyrolles , 187 p.
- Christensen, C. M., Anthony, S. D., Roth, E. A. (2004). *Seeing What's Next*. Boston, Harvard Business School Press, 312 p.
- Clemens, J.K., Dalrymple, S., Roth, E. A. (2005). *Time Mastery – How temporal intelligence will make you a stronger, more effective leader*. New York, AMACOM, 210 p.
- Coates, D. (2009). Improving the Fuzzy Front End of Product Development for Continuous Innovation Incorporating TRIZ. *TRIZCON2009*, Woodland Hills, California, USA, 16-18 mars 2009, 19 p.

- Cockayne, W.R. (2004). *A Study of the Formation of Innovation Ideas in Informal Networks*. Thesis (Ph.D.), Mechanical Engineering, Stanford University, Stanford, California, 104 p.
- Collins, J. (2001). *Good to Great*. New York, HarperCollins, 300 p.
- Cooper, R.G. (2001). *Winning at New Products*. New York, Perseus Publishing, 398 p.
- Cooper, R. G. (2005). *Winning at New Products: Pathways to Profitable Innovation*. Product Development Institute Inc. 2000-2007 Whitepaper No 22, p. 1-23.
- Cooper, R. G. (2009). *How Companies are Reinventing their Idea-To-Launch Methodologies*. *Technology Management March—April 2009*, Vol. 52, N° 2, p. 47-57.
- Cossette, P. (2016). *Publier dans une revue savante*. 2^e éd., Montréal, Presses de l'Université du Québec, 170 p.
- Côté, N., Abravanel, H., Jacques, J. et Bélanger, L. (1986). *Individu, Groupe et Organisation*. Boucherville, Gaëtan Morin Éditeur, 440 p.
- Crawford, C.M. (1983). *New Products Management*. Homewood, Richard D. Irwin Inc., 727 p.
- Creveling, C.M. (1997). *Tolerance Design – A Handbook for Developing Optimal Specifications*. Reading, Addison-Wesley, 423 p.
- Creveling, C.M., Slutsky, J.L. and Antis, D. Jr. (2003). *Design for Six Sigma In Technology and Product Development*. Upper Saddle River, Prentice Hall PTR, 768 p.
- Crow, K. (1996). *Implementing Integrated Product Development Practices*, [en ligne] [<http://www.npd-solutions.com/implementing.html>] (Page consultée le 15 juillet 2008).
- Darmon, R.Y., Laroche, M., Pétrouf, J.V. (1990). *Le Marketing – Fondements et applications*. 4^e édition, Montréal, McGraw-Hill, 1035 p.
- Darmon, R.Y., Laroche, M., McGown, K.L. et Nantel, J. (1991). *Les fondements de la recherche commerciale*. Boucherville, Gaëtan Morin Éditeur, 498 p.
- Dehez, B. (2004). *Élaboration et application d'une approche multidisciplinaire pour la conception d'un actionneur électrique à rotor sphérique*. Thèse de doctorat, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, _ p.
- Deladrière, J.-L., Le Bihan, F., Mongin, P. et Rebaud, D. (2004). *Organisez vos idées avec le Mind Mapping*. Paris, Dunod, 158 p.
- Deming, W. E. (1994). *The New Economics for Industry, Government, Education*. 2^e édition, Cambridge, The MIT Press, 265 p.

- de Rosnay, J. (1975). *Le microscope – Vers une vision globale*. (s.l.), Éditions du Seuil, 346 p.
- Diebolt, S., Lapiere, J.-W., Le Moigne, J.-L. (s.d.). Le petit lexique des termes de la complexité. In Réseau Intelligence de la Complexité [En ligne] <http://www.intelligence-complexite.org/fr/documents/lexique-de-termes-de-la-complexite.html> (Page consultée le 22 février 2014)
- Dismukes, J.P. (2005). Information Accelerated Radical Innovation From Principles to an Operational Methodology. *The Industrial Geographer*, vol. 3, n° 1, p. 19-42.
- Dismukes, J.P. and Wolff, M.F. (2005). “Technologies of Thinking” Seen Key to Accelerated Radical Innovation. *Research Technology Management*, vol. 48, p. 2-4.
- Doucet, P. (2008). *Élaboration et validation d’un modèle systémique pour développer la coopération dans une équipe constituée d’acteurs hétérogènes*. Thèse de doctorat en cotutelle, Université de Sherbrooke – Université de technologie de Compiègne, Sherbrooke, 478 p.
- Dougherty, D., Borrelli, L., Munir, K., O’Sullivan, A. (2000). Systems of organizational sensemaking for sustained product innovation. *Journal of Engineering and Technology management*, vol. 17, p. 321–355.
- Drucker, P. (2006). *Devenez manager! –L’essentiel de Drucker*, Paris, Village Mondial, 352 p.
- Durant, D. (2006). *La Systémique*. 10^e édition, Paris, Presses Universitaires de France, 126 p.
- Dussaix, A.-M. (2009). La qualité dans les enquêtes. *Revue MODULAD*, n° 39, p. 137-171.
- Ekeland, I. (1984). *Le calcul, l’imprévu*. Paris, Éditions du Seuil, 165 p.
- Engwall, M., Kling, R., Werr, A. (2005). Models in action: how management models are interpreted in new product development. *R&D Management*, vol. 35, n° 4, p. 427-439.
- Feneuille, S. (2002). Serge Feneuille: plus de culture pour mieux se différencier . *L’avenir des ingénieurs à l’orée du troisième millénaire*, 4 janvier 2002, p. 51-55.
- Figallo, C., Rhine, N. (2002). *Building the Knowledge Management Network*. New York, John Wiley & Sons, Inc., 348 p.
- Flanagan, C. (2007). Multidisciplinary Innovation: It's Time to Throw the Shackles Off, In Business Innovation Factory. BIFSPEAK The BIF Weblog, [En ligne]. http://www.businessinnovationfactory.com/weblog/archives/2007/11/multidisciplina_1.html (Page consultée le 4 juillet 2008).
- Forssèn, M. (2002). *The Life Cycle of Bottom-Up Ideas*, Dissertation for the degree of Doctor of Technology, Department of Industrial Engineering and Management, Helsinki University of Technology, 59 p.

- Fortin, R. (2005). *Comprendre la complexité – Introduction à La Méthode d'Edgar Morin*. 2^e édition, Saint-Nicolas, Les Presses de l'Université Laval - LHarmattan, 265 p.
- Fournier, J.Y., Thomas, C.B., Spranuel, A., Brunet, J., Dhénin, A., Dumond, C., Favry, R., Houtolle, C. (2004). L'intelligence, qu'est que c'est?. Œuvre collective réalisé et écrite sous la coordination du chantier de l'ICEM-PÉDAGOGIE FREINET, BT2N no 70, p. 1-36.
- Fox, C.R., Tversky, A. (1995). Ambiguity Aversion and Comparative Ignorance. *The Quaterly Journal of Economics – August 1995*, vol. 110, n^o 3, p. 585-603.
- Gamache, R. (2005). *La productivité – Définition et enjeux*. Québec, Ministère du Travail du Québec, Direction de la recherche et de l'évaluation, 40 p.
- Gaudin, T., L'Yvonnet, F (2003). *Le Discours de la Méthode Créatrice. Entretiens avec François L'Yvonnet*. Paris, Les Éditions du Relié, 175 p.
- Gauthier, F. (1997). *Développement d'une approche méthodologique permettant l'intégration systématique des aspects de la santé et de la sécurité du travail dans le processus de conception d'outils, de machines et de procédés industriels*. Thèse de doctorat en génie mécanique, Université de Sherbrooke, 260 p.
- Gelb, M.J. (2004). *Pensez comme Léonard de Vinci : Soyez créatif et imaginatif*. Nouvel édition. Montréal, Les Éditions de l'Homme, 302 p.
- Gemme, M. (2009). Élargir la conscience, but ultime de toute démarche de coaching. In coachoption, *Site de Coach Option.*, L'info-lettre de CoachOption, vol. 3, no. 6, juin 2009 [En ligne]. <http://www.coachoption.ca/info-lettres/18.html> (Page consultée le 13 juin 2009).
- Ginn, D., Varner, E. (2004). *The Design for Six Sigma Memory Jogger – Tools and Methods for Robust Processes and Products*. Salem, GOAL/QPC, 266 p.
- Guibert, C. (2008). Travail : déculpabiliser du désordre au bureau – Un peu de désordre ne nuit pas au travail, ouestfrance-emploi.com, [en ligne] http://www.ouestfrance-emploi.com/actu_travail-deculpabiliser-du-desordre-au-bureau_1553.htm (consulté le 11 juillet 2008).
- Guildersleeve, S. (2003). *Piloter l'apprentissage dans l'action*. 2^e tirage, Montréal, Les Publications CFC, 80 p.
- Guillet, R. (2007). *Innovation et Systémique – Un nouveau Défi pour le Management*. Mémoire Professionnel, IDCE – Université Catholique de l'Ouest, La Preuille, 127 p.
- Guillou, M. (2002). Michèle Guillou: l'ingénieur créatif. *L'avenir des ingénieurs à l'orée du troisième millénaire*, 4 janvier 2002, p. 51-55.

- Guntern, G. (2001). *Les 7 règles d'or de la Créativité*. Paris, Village Mondial, 207 p.
- Hamel, G. (2008). *La fin du management – inventer les règles de demain*. Paris, Vuibert, 249 p.
- Harari, O. (1993). The Danger of Success. *Management Review*, vol. 82, no 7, p. 29-32.
- Hatchuel, A., Weil, B. (2002). La théorie C-K: Fondements et usages d'une théorie unifiée de la conception. Colloque « Sciences de la conception », Lyon, France, 15-16 mars 2002, p. 1-24.
- Hawkins, D.R. (2012). *Power vs Force – The Hidden Determinants of Human Behavior*. 1st Revised Edition, Calsbad, Hay House, 370 p.
- Hoffman, R.R., Hayes, P.J. (2004). The Pleasure Principle. *IEEE Intelligence Systems*, Jan/Feb. 2004, p. 86-89.
- Hogue, J.P. (1971). *Les relations humaines dans l'entreprise*. Ottawa, Librairie Beauchemin Limitée, 187 p.
- Houlihan, D., Boucher, M. (2009). *Product Design Made Easy – Free Up Engineering for More Revenue*. Aberdeen Group, August 2009.
- Holder, R. (1989). The Innovative Organization of the 21st Century. *Quality Digest Magazine*, August/September, 1989.
- Howell, D.C. (1999). *Fundamental Statistics for the Behavioral Sciences*. 4e éd., Pacific Grove, Duxbury Press, 494 p.
- Huet, G., Culley, S.J., McMahon, C.A., Fortin, C. (2007). Making sense of engineering design review activities. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, vol. 21, 2007, p. 243-266.
- Huthwaite, B. (2004). *The Lean Design Solution*. 2e éd., Mackinac Island, Institute for Lean Design, 250 p.
- Industrie Canada (2010). L'ÉTAT de la CONCEPTION de PRODUITS : Le rapport canadien 2010. Gouvernement du Canada., 31 p.
- Isaacson, W. (2011). *Steve Jobs – La vie d'un génie*. S.l., Éditions Jean-Claude Lattès, 925 p.
- Jasor, M. (2008). Le patron de Sodexo mise sur l'innovation - Michel Landel, le directeur général de Sodexo, organise tous les deux mois des rencontres avec ses collaborateurs pour faire émerger des idées nouvelles, 25/04/08 Les Echos, Propos recueillis par Muriel Jasor [en ligne] <http://www.lesechos.fr/management/actu/4719511.htm> (consulté le 7 juillet 2008).

- Jetter, A.J.M. (2003). Educating the guess: strategies, concepts and tools for the fuzzy front end of product development. In IEEE, *Technology Management for Reshaping the World. PICMET'03. Portland International Conference on Management of Engineering and Technology* (p. 261-273), Technology Management for Reshaping the World. PICMET'03. Portland International Conference on Management of Engineering and Technology, Portland, Oregon, USA, 20-24 juillet 2003.
- Joiner, B. L. (1994). *Fourth Generation Management – The New Business Consciousness*. New York, McGraw-Hill, 289 p.
- Joiner, B., Josephs, S. (2007). *Leadership Agility – Five Levels of Mastery for Anticipating and Initiating Change*. San Francisco, Jossey-Bass, 322 p.
- Kahneman, D. (2011). *Thinking, Fast and Slow*, Toronto, Doubleday Canada, 512 p.
- Käki, H. (2007). *Cross-Border Innovation Support Platform for the SMEs : The Case of St. Petersburg Corridor Region, Kouvola, Finland*, Master's Thesis, Department of Industrial Management, Faculty of Technology Management, Lappeenranta University of Technology, 86 p.
- Kamrani, A. and Vijayan, A. (2005). A methodology for integrated product development using design and manufacturing templates. *Journal of Manufacturing Technology Management* , vol. 17, n° 5, p. 656-672.
- Kaufman, M. (2008). The Theory of Business, Complexity, and Getting Work Done. *InnovationLabs Whitepaper*, InnovationLabs, p.1-13.
- Kiefer, C., Stroh, P. (1984). A new Paradigm for Developing Organizations. Dans J. Adams, *Transforming Work*, Miles River Press, p.199-215.
- Keinonen, T., Takala, R., Jääskö, V., Mantere, J., Karjalainen, T.-M., Tuulenmäki, A., Säaskilahti, M. (2006). *Product Concept Design – A Review of the Conceptual Design of products in Industry*, (s.l.), Springer, 215 p.
- Kennedy, M.N. (2003). *Product Development for Lean Enterprise : Why Toyota's System is Four Times More Productive and How You Can Implement It*. Richmond, The Oaklea Press, 256 p.
- Klein, G., Moon, B., Hoffman, R.R. (2006). Making Sense of Sensemaking 1: alternative Perspectives. *IEEE Intelligence Systems*, vol. 21, n° 4, July/August. 2006, p. 70-73.
- Koen, P., Ajamian, G., Burkart, R., Clamen, A., Davidson, J., D'Amore, R., Elkins, C., Herald, K., Incorvia, M., Johnson, A., Karol, R., Seibert, R., Slavejkov, A. and Wagner, K. (2001). Providing Clarity and a Commun Language to the “Fuzzy Front End”. *Research Technology Management*, vol. 44, no 2, p. 46-55.

- Koen, P.A., Ajamian, G.M., Boyce, S., Clamen, A., Fisher, E., Fountoulakis, S., Johnson, A., Pushpinder, P., Seibert, R. (2002). Fuzzy Front End: Effective Methods, Tools, and Techniques. Dans Belliveau, P., Griffin, A., Somermeyer, S., *The PDMA ToolBook 1 for New Product Development*, John Wiley and Sons, NewYork, États-Unis, p. 5-35.
- Lambert-Chan, M. (2007). Le confort au travail, une priorité, LaPresseAffaires.com, [en ligne] <http://lapresseaffaires.cyberpresse.ca/article/20070910/LAINFORMER/70910117/5891/LAINFORMER01> (consulté le 11 juillet 2008).
- Landry, F. (2001). *Le choc du savoir*, 2^e édition, Montréal, Les Éditions Transcontinental, Les Éditions de la Fondation de l'entrepreneurship, 247 p.
- Lang, Y.T., Dickinson, J., Buchal, R.O. (2002). Cognitive factors in distributed design. *Computers in industry*, vol. 48, 2002, p. 89-98.
- Langelier, L., Wenger, E., White, N., Smith, J.D. et Rowe, K. (2005). *Travailler, apprendre et collaborer en réseau – Guide de mise en place et d'animation de communauté de pratique intentionnelles*. Québec, CEFRIO, 116 p.
- Larkin, J.H. and Simon, H.A. (1987). Why a Diagram is (Sometimes) Worth Ten Thousand Words. *Cognitive Science*, vol. 11, p. 65-99.
- Lee, T. (2003). *Complexity Theory in axiomatic Design*, Dissertation in Mechanical Engineering for the degree of Doctor of Philosophy, Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 182 p.
- Lee, T.W. (1999). *Using Qualitative Methods in Organizational Research*. Thousand Oaks, Sage Publications, 192 p.
- Le Moigne, J.-L. (1999). *La modélisation des systèmes complexes*, Paris, Dunod, 178 p.
- Le Moigne, J.-L. (2006). *La théorie du système général, théorie de la modélisation*. Publication de l'édition 1994, Nouvelle présentation 2006, (s.l.), Collection Les classiques du réseau intelligence de la complexité, 338 p.
- Lidwell, W., Holden, K., Butter, J. (2010). *Universal Principles of Design*. 2^e édition, Massachussets, Rockport Publishers, 272 p.
- Lin, J.J.Y. (2008). Research on collaborative concept design integrating the application of virtual reality and DFMA. In *IEEE, 2008 12th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design* (p. 727-732), Proceedings of the 2008 12th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, Xi'an, China, 16-18 avril 2008.
- Liu, Y.-C. and Bligh, T. (2003). Toward an "ideal" approach for concept generation. *Design Studies*, vol. 24, n^o 4, p. 341-355.

- Lugan, J.-C. (2009). *La systémique sociale*. 5^e édition, Paris, Presses Universitaires de France, 128 p.
- Maldague, M. (2006). *Traité de gestion de l'environnement tropical. Tome I: Développement intégré des régions tropicales. Approche systémiques - Notions - Concepts - Méthodes*. Édition électronique, Chicoutimi, École régionale post-universitaire d'aménagement et de gestion intégrés des forêts et territoires tropicaux (ÉRAIFT), Université de Kinshasa, République démocratique du Congo. 2004, Les Classiques des sciences sociales, 350 p.
- Martin, R. (2009). *The Design of Business*. Boston, Harvard Business Press, 191 p.
- McDowell, C., Canepa, C., Ferreira, S. (2007). MIT 11.965 Reflective Practice - Lecture 9: Conceptual Learning. MIT OpenCourseWare.
- McFetridge, D.G. (1995). *La compétitivité – Notions et mesues*. Ottawa, Industrie Canada, Document hors-série n^o 5, Avril 1995, 44 p.
- Merrifield, B. (2006). Raise corporate Innovation Capability in '06. Article 1.13, Merrifield Consulting Group, Inc.
- Michalek, J.J. (2005). *Preference coordination in Engineering Design Decision-Making*, Dissertation in Mechanical Engineering for the degree of Doctor of Philosophy, Mechanical Engineering, The University of Michigan, 246 p.
- Miles, M.B., Huberman, A.M. (2003). *Analyse des données qualitatives*. 2^e édition. De Boeck, Bruxelles, Belgique, 626 p.
- Miller, W.L., Morris, L. (1999). *Fourth Generation R&D – Managing Knowledge, Technology, and Innovation*. New York, John Wiley & Sons, 347 p.
- Miller, R.H., Miller, L.K. and Eick, C. (2007). Software Tools to Enable Information Accelerated Radical Innovation. *PICMET 2007 Proceedings* (p. 821-833), PICMET 2007. Portland International Conference on Management of Engineering and Technology, Portland, Oregon, USA, 5-9 août 2007.
- Mintzberg, H. (2013). *Gérer (Tout simplement)*. Montréal, Les Éditions Transcontinental, 376 p.
- Moles, A.A. (1995). *Les sciences de l'imprécis*. Paris, Éditions du Seuil, 360 p.
- Monahan, G. E. (2000). *Management Decision Making*. New York, Cambridge University Press, 714 p.
- Mootee, I. (2008). The Problem With Stage-Gate Process With Experience Innovation, [en ligne] [http://mootee.typepad.com/innovation_playground/2008/03/the-problem-wit.html] (Page consultée le 25 avril 2008).

- Morel, C. (2002). *Les décisions absurdes – Sociologie des erreurs radicales et persistantes*. S.l., Gallimard, 317 p.
- Morel, C. (2012). *Les décisions absurdes II – Comment les éviter*. s.l., Gallimard, 288 p.
- Morin, E. (1977). *La méthode – Tome I La Nature de la Nature*. (s.l.), Éditions du Seuil, 399 p.
- Morin, E. (2005). *Introduction à la pensée complexe*. Londrai, Éditions du Seuil, 158 p.
- Morris, L. (2006). *Permanent Innovation*. Walnut Creek, Innovation Academy, 268 p.
- Morris, L. (2007). *Creating the Innovation Culture – Geniuses, Champions and Leaders*. InnovationLabs Whitepaper, InnovationLabs, 21 p.
- Morrison, J.B., Rudolf, J.W., Carroll, J.S. (2007). Modeling the Dynamics of Time-pressured Diagnostic sensemaking. *Conference Proceedings - The 2007 International Conference of the System Dynamics Society and 50th Anniversary Celebration*, Boston, Massachusetts, USA, July 29 – August 2, 2007, 19 p.
- Moskowitz, M. (2007). We Love Our Jobs. Just Ask Us, [en ligne] [http://www.nytimes.com/2007/09/23/jobs/23pre.html?_r=1&scp=1&sq=we%20love%20our%20job&st=cse&oref=slogin] (Page consulté le 13 juillet 2008).
- Mudge, A.E. (1996). *Value Engineering – A Systematic Approach*. 9^e impression, Pittsburgh, J. Pohl Associates, 286 p.
- Myers, G.E., Myers M.T. (1984). *Les bases de la communication interpersonnelle – Une approche théorique et pratique*. Montréal, McGraw-Hill, 470 p.
- Nonaka, I. (1990). Redundant, Overlapping Organization: A Japanese Approach to Managing the Innovation Process, *California Management Review*, Spring 1990, p. 27-38.
- Ogata, K. (1978). *System Dynamics*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 596 p.
- Olson, J. (2006). Improving Design Through Organization: Capturing the Relationship between Organization and Task, In andrew.Canagie Mellon University, *Integration Design Innovation group*, [En ligne]. <http://www.andrew.cmu.edu/org/IDIG/researchjesse.htm> (Page consultée le 7 juillet 2008).
- Paquette, G., Bergeron, A. (1989). *L'intelligence artificielle – Comprendre et prolonger l'intelligence humaine*. Québec, Télé université, 717 p.
- Park, R.J. (1999). *Value Engineering – A Plan for Invention*, Boca Raton, St. Lucie Press, 340 p.

- Pasman, G. (2003). *Designing with Precedents*. Thèse de doctorat, Delft University of Technology, Faculty of Industrial Design Engineering, Delft, 222 p.
- Penuel, B. and Roschelle, J. (1999). *Designing Learning: Cognitive Science Principles for The Innovative Organization*. SRI International, Lotus Research, April 1999, 31 p.
- Peters, T. (2005). *Tom Peters Essentials Design*. New York, DK Publishing, 160 p.
- Pirie, N. (1952). Concepts out of context: The pied Pipers of Science. *The British Journal for the Philosophy of Science*, vol. 2, no 8, p. 269-280.
- Prasad, V.C.S., Nori, K.V. (2008). Systems Approach for Adoption of Innovations in Organizations. *Systemic Practice and Action Research*, vol. 21, p. 283-297.
- PTC (2007). Fiche thématique : Développement de concepts. Parametric Technology Corporation, 4 p.
- Pugh, S. (1991). *Total Design – Integrated Methods for Successful Product Engineering*. Addison-Wesley, Harlow, Angleterre, 296 p.
- Québec. Ministère du Développement économique, de l'innovation et de l'exportation (2007). Pour un secteur manufacturier gagnant – Plan d'action en faveur du secteur manufacturier. Québec, Ministère du Développement économique, de l'innovation et de l'exportation, Direction générale des communications et des services à la clientèle, 46 p.
- Reboul, A., Moeschler, J. (1998). *La pragmatique aujourd'hui – Une nouvelle science de la communication*. Éditions du Seuil, Paris, 209 p.
- Reeves, H. (2007). *Chroniques des atomes et des galaxies*, Éditions du Seuil, Paris, 203 p.
- Riopel, P., Dionne, N. et Saint-Pierre, L. (2004). *Innovation et développement de produits – Le cas des entreprises québécoises de fabrication*. Québec, Ministère du Développement économique et régional et de la Recherche, Direction des politiques et de l'entrepreneuriat, 36 p.
- Rosenhead, J., Bennett, P., Checkland, P., Cropper, S., Eden, C., Friend, J., Hickling, A., Howard, N., Huxham, C., Simpson, P. (1989). *Rational Analysis for a Problematic World – Problem Structuring Methods for complexity, Uncertainty and Conflict*. John Wiley and Sons Ltd, Chichester, Angleterre, 370 p.
- Roulet, N. (2006). *Modélisation du processus d'innovation technologique en PME-PMI: Application à la conception d'une nouvelle technologie de fabrication basée sur le technique Laser*. Thèse de doctorat, École Nationale Supérieure d'Arts et de Métiers, Paris, 222 p.
- Russel, S. J., Norvig, P. (2010). *Artificial Intelligence – A Modern Approach*. 3^e édition, Upper Saddle River, Prentice-Hall, 1152 p.

- Russo, J.E., Schoemaker, P.J.H. (1992). Managing Overconfidence. *MIT Sloan Management Review*, vol. 33, no 2, p. 7-1.
- Saint-Pierre, L. (2007). L'innovation en amont : Mieux comprendre les mécanismes à l'œuvre pour réussir. *Bulletin Info veille en développement de produits*, Institut de développement de produits, vol. 6, n° 1, novembre 2007.
- Saporta, G. (2006). *Probabilités, Analyse des données et Statistiques*, Paris, Éditions Technip, 622 p.
- Savard, A. (2005), *Maîtriser la reconnaissance au quotidien*, Montréal, Les Publications CFC, 64 p.
- Scaravetti, D. (2004). *Formalisation préalable d'un problème de conception, pour l'aide à la décision en conception préliminaire*. Thèse de doctorat, École Nationale Supérieure d'Arts et de Métiers, Bordeaux, 192 p.
- Schön, D. A. (1963). *Displacement of Concepts*. New York, Tavistock, 208 p.
- Schön, D. A. (1983). *The Reflective Practitioner*. S.I., Basic Books, 384 p.
- Schwartz, B. (2005). *The Paradox of Choice: Why More Is Less*. New York, Harper Perennial, 304 p.
- Seligman, L.S., McDaniel, R.R. Jr (2000). Shared Sensemaking from a Diversity of Experts: A Methodology for Exploring Complex MIS Issues. *Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii, USA, 10 p.
- Senge, P. M. (2006). *The Fifth Discipline – The Art & Practice of the Learning Organization*. édition révisée, New York, Currency Doubleday, 445 p.
- Shaw, W. H. (2005). Making sense of Change: in a world of rapidly advancing technology, someone has to keep things under control. *Mechanical Engineering*, vol. 127, n° 3, p. 4-6.
- Simon, H. A. (1971). Style in Design. *Proceedings of the Second Annual Conference of the Environmental Design Research*, Design Research Association, Pittsburgh, PA, USA, p. 1-10.
- Simon, H.A. (1983). *Administration et Processus de décision*. Paris, Economica, 322 p.
- Simon, H.A. (2004). *Les sciences de l'artificiel*. Saint-Amand, Gallimard, 464 p.
- Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics – Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. New York, McGraw-Hill/Irwin, 1008 p.

- Sternberg, R. J. (1988). *The Triarchic Mind – A new theory of human intelligence*. New York, Viking Penguin, 354 p.
- Suh, N.P. (2001). *Axiomatic Design – Advances and Applications*. New York, Oxford University Press, 503 p.
- Surowiecki, J. (2005). *The Wisdom of Crowds*. New York, Anchor, 336 p.
- Swiners, J.-L., Briet, J.-M. (2004). *L'intelligence créative : Au-delà du brainstorming, innover en équipe*. Paris, Maxima, 206 p.
- Tanaka, N., Glaude, M. et Gault, F. (2005). *Manuel d'Oslo - Principes directeurs pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation*. 3^e édition. Londrai, Éditions OCDE Browse_it, (s.l.), 184 p.
- Than, T.X. (2000). *Le chaos et l'harmonie – La fabrication du Réel*. s.l., Gallimard, 603 p.
- Thomas, J.B., Clark, S.M., Gioia, D.A. (1993). Strategic Sensemaking and Organizational Performance: Linkage among Scanning, Interpretation Action and Outcomes, *Academy of Management Journal*, vol. 36, n° 2, p. 239-270.
- Thompson, G., Lordan, M. (1999). A review of creativity principles applied to engineering design, *Proceeding of Institution Mechanical Engineers*, vol. 213, part E, p. 17-31.
- Thouvenin, E. (2002). *Modélisation des processus de conception de produits et développement de la capacité d'innovation : Application au cas des PME-PMI*, Thèse de doctorat, École Nationale Supérieure d'Arts et de Métiers, Paris, 129 p.
- Tremblay, L.-M., Chassé, Y. (1970). *Introduction à la méthode expérimentale*. Montréal, Centre Éducatif et Culturel Inc., 116 p.
- Trudel, L., Simard, C., Vornarx, N. (2007). La recherche qualitative est-elle nécessairement exploratoire? Actes du colloque RECHERCHE QUALITATIVE : LES QUESTIONS DE L'HEURE. *Recherches Qualitatives*, Hors Série, n° 5, p. 38-45.
- Turenne, M. (2009). Inventer au lieu de déprimer. *Les Affaires*, 1^{er} juin 2009, p. 26-33.
- Vandenbosh, B., Saatcioglu, A. and Fay, S. (2006). Idea Management: A Systemic View. *Journal of Management Studies*, vol. 43, n° 2, p. 259-288.
- Van der Maren, J.-M. (1996). *Méthodes de recherche pour l'éducation*. 2^e édition, Montréal, Canada / Bruxelles, Belgique, PUM et De Boeck, 503 p.
- Verganti, R. (1997). Leveraging on systemic learning to manage the early phases of product innovation projects. *R&D Management*, vol. 27, n° 4, p. 377-392.

- Visser, B. and Ratcliffe, E. (2008). Multifunctional Teams: A Complex Puzzle in Creative Cultures. *Supply Chain Europe Magazine*, Jan/Fev 2008, p. 42-45.
- Walpole, R. E. (1982). *Introduction to Statistics*. 3^e édition, New York, Macmillan Publishing, 521 p.
- Ward, A., Liker, J.K., Cristiano, J.J. and Sobeck D.K. II (1995). The Second Toyota Paradox: How Delaying Decisions Can Make Better Cars Faster. *Sloan Management Review*, vol. 36, n^o 3, p. 43-61.
- Weinschenk, S. M. (2011). *100 Things Every Designer Needs to Know About People*. New Riders, Berkeley, États-Unis, 242 p.
- Wenger, E. (2007). *Communities of Practice – Learning, Meaning, and Identity*. 15^e impression, Cambridge, Cambridge University Press, 318 p.
- Wener, N., Cormier, S. (2007). *Gérer, c'est créer au quotidien*. Québec, Presses de l'Université du Québec, 124 p.
- Werckman, C., Hardy, T., Wainwright, E., Heywood, B, Sargent, R. (2001). *Crystal Ball 2000 User Manual*. Denver, Decisioneering Inc, 414 p.
- Wheeler, D. J. (2000). *Undersanding Variation – The Key to Managing Chaos*. 2^e édition, Knoxville, SPC Press, 158 p.
- William, M.A., Kochhar, A.K. and Tennant, C. (2006). An object-oriented reference model of the fuzzy front end of the new product introduction process. *International Journal of Avanced Manufacturing Technology*, vol. 34, p. 826-841.
- Womack, J., Jones, D. (1996). *Penser l'entreprise au plus juste*. Paris, Éditions Village Mondial, 404 p.
- Young, T. L. (2007). *The Handbook of project Management*. 2^e édition révisée, Kogan Page, Londres, Angleterre, 304 p.