



Université
de Toulouse

THÈSE

En vue de l'obtention du

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

Délivré par

L'Université Toulouse 3 Paul Sabatier

Présentée et soutenue par

Marie BENEJEAN

Le vendredi 26 septembre 2013

**Informatisation des productions d'information et des activités de communication
dans les relations pilotes-contrôleurs :
contradictions et reconfigurations entre technologies en projet et mises en pratiques**

École doctorale et discipline

ED-AA

Sciences de l'Information et de la Communication

Unité de recherche

CERTOP (UMR 5044)

Directeurs de thèse

Anne MAYERE, Professeure en Sciences de l'Information et de la Communication, Université Toulouse 3

Claude NAVARRO, Professeur en Psychologie Cognitive, Université Toulouse 2

Rapporteurs

Sylvie GROSJEAN, Professeure en Sciences de la Communication, Université d'Ottawa

Patrice DE LA BROISE, Maître de conférence (HDR) en Sciences de l'Information et de la Communication,
Université Lille 3

Autres membres du jury

Catherine LONEUX, Professeure en Sciences de l'Information et de la Communication, Université Rennes 2

Pierre DELCAMBRE, Professeur émérite en Sciences de l'Information et de la Communication, Université Lille 3

MARIE BENEJEAN

**INFORMATISATION DES PRODUCTIONS D'INFORMATION ET DES ACTIVITES DE COMMUNICATION
DANS LES RELATIONS PILOTES-CONTROLEURS :
CONTRADICTIONS ET RECONFIGURATIONS ENTRE TECHNOLOGIES EN PROJET ET MISES EN PRATIQUES**

Dirigée par Anne Mayère

Soutenue le 26/09/2013 à l'Université Toulouse 3

Le domaine aérien a connu de nombreuses transformations socio-techniques qui se sont intensifiées dans le contexte contemporain de globalisation des économies. Au centre de ces transformations se trouvent notamment concernées les activités de production d'information et de communication des pilotes et des contrôleurs aériens, maillons indispensables de l'activité de la navigation aérienne. L'articulation technologie, organisation et systèmes d'activités est étudiée à travers la théorie de l'activité (Engeström, 1987) pour saisir l'imbrication de systèmes techniques de plus en plus normés et normalisant, établis par des instances internationales et nationales, et qui doivent être mises en œuvre localement. Avec la notion d'architexte (Jeanneret, 1999), cette recherche interroge le modèle de communication tel qu'inscrit et prescrit dans les systèmes techniques d'échanges pilotes-contrôleurs ; et identifie, à l'aune des pratiques observables, certaines questions-clés qui en résultent au plan des activités de pilotage et de contrôle aérien.

Mots-clés : Production d'information, Communication, Relation pilotes-contrôleurs, Technologie, Informatisation, Contradiction, Rationalisation.

**COMPUTERIZATION OF THE INFORMATION PRODUCTIONS AND COMMUNICATION ACTIVITIES
IN THE PILOTS' AND AIR-TRAFFIC CONTROLLERS' RELATION:
TECHNOLOGIES IN PROJECT / IN PRACTICE CONTRADICTIONS AND RECONFIGURATION**

The aviation industry has encountered numerous socio-technical transformations that have multiplied due to the contemporary climate of globalisation of economies. Pilots' and air-traffic controllers' information production and communication activities, which are essential to the air navigation activity, are particularly affected. In this paper, the theory of activity (Engeström, 1987) will be used to study the technology-organisation-system articulation. This should provide a deeper understanding of the interweaving of technical systems that are continuously more standardized and standardizing, established by international and national authorities, and that have to be implemented locally. Using the architext approach (Jeanneret, 1999), this research questions the communication model as it is registered and prescribed in the technical systems of pilots' and air-traffic controllers' exchanges. Moreover, it identifies, in light of observable practices, some resulting key questions at the level of piloting and air traffic control activities.

Keywords: Production of Information, Communication, Pilot-air-traffic-controller relationship, Technology, Computerization, Contradiction, Rationalisation.

SCIENCES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION

CERTOP (UMR 5044)
5, allée Antonio Machado
31058 Toulouse Cedex 9

Avant toute chose, je tiens à adresser toute ma gratitude à mes deux directeurs de thèse, Anne Mayère et Claude Navarro, pour m'avoir accompagnée dans ce travail, pour leur soutien, leur disponibilité, leurs apports scientifiques et méthodologiques et finalement, pour m'avoir permis de travailler mes idées. Je remercie tout particulièrement Anne Mayère pour m'avoir encouragée à entreprendre ce travail.

Je tiens également à remercier les chercheurs qui ont bien voulu faire partie de mon jury de soutenance. Je leur suis reconnaissante de m'honorer de leur lecture.

Mes remerciements vont également à l'équipe de l'ED-AA, pour m'avoir offert un cadre de travail privilégié et de nombreuses opportunités de formations. Je remercie plus spécifiquement Maryse Herbillon qui a été une interlocutrice attentive tout au long de ce cursus.

Un grand merci à toutes les personnes, entreprises et administrations qui, au sol comme en l'air, ont eu la gentillesse de m'accueillir dans leurs univers professionnels et de me faire partager leur expérience. Ce travail n'aurait pu se faire autrement.

Je remercie l'équipe du site Toulousain, et tout particulièrement Cathy Malassi pour m'avoir accompagnée et orientée dans le vaste univers documentaire. Je remercie également l'équipe pédagogique de l'IUT de Tarbes pour m'avoir accueillie durant ces trois dernières années.

Mes remerciements s'adressent aussi à l'ensemble de l'équipe ECORSE du CERTOP, sans qui assurément, ce travail n'aurait pas eu la même portée. Merci de m'avoir accompagnée dans la construction de ce travail de thèse : Isabelle Bazet, Sylvie Bourdin, Angélique Roux, Bruno David, Patrick Chaskiel, Marie-Gabriel Suraud. Merci également à Jean-Luc Bouillon, qui a partagé certaines de nos réunions.

Un merci amical à mes collègues doctorants pour avoir égayé ces années : Philippe, Karolina, Marine, Alexia, Julien, Yangan, avec une attention particulière à Florian pour ses précieux conseils et nos discussions durant les longs moments de doute.

A mes ami(e)s, d'ici et d'ailleurs, merci infiniment pour votre présence.

Finalement, je tiens à remercier et à adresser toute mon affection à ma famille pour leur soutien inconditionnel tout au long de ce travail.

Sommaire

INTRODUCTION : ORGANISATION – TECHNOLOGIES – COMMUNICATION	4
--	---

PARTIE 1

L'INFORMATISATION DES RELATIONS PILOTES-CONTROLEURS : UN DOMAINE ARCHETYPAL D'INNOVATIONS VISANT L'AUTOMATISATION DES ECHANGES

CHP 1 : VERS UNE AUTOMATISATION DU CONTROLE DE LA NAVIGATION AERIENNE : ACTANTS EN PRESENCE, INSTITUTION EN ACTION	13
CHP 2 : DE LA PENSEE-INGENIEUR A LA PENSEE ORGANISATIONNELLE : POUR UNE APPROCHE COMMUNICATIONNELLE DES PROCESSUS ORGANISANT	53

PARTIE 2

CONSTRUCTION THEORIQUE ET METHODOLOGIQUE DES OBJETS DE LA RECHERCHE

CHP 3 : PENSER L'ARTICULATION TECHNOLOGIE-ORGANISATION AU TRAVERS DE LA THEORIE DE L'ACTIVITE	99
CHP 4 : CONSTRUIRE LES OBJETS DE LA RECHERCHE	126

PARTIE 3

VERS UNE RECONFIGURATION DES PRATIQUES COMMUNICATIONNELLES DES PILOTES ET DES CONTROLEURS AERIENS

CHP 5 : LES TENSIONS A L'ŒUVRE DANS LE SYSTEME D'ACTIVITE DE LA NAVIGATION AERIENNE	156
CHP 6 : LES OUTILS ET LEURS ARCHITEXTES EN PRESENCE : QUESTIONS D'AUTORITE ET DE RESPONSABILITE	192

CONCLUSION GENERALE	253
BIBLIOGRAPHIE	265
TABLE DES MATIERES	282
TABLES DES FIGURES	287
TABLES DES SIGLES ET ABREVIATIONS	288
ANNEXES	291

Le 27 mars 1977, sur l'aéroport de Tenerife, le Boeing 747 de la compagnie Néerlandaise KLM entame son décollage et percute, en face à face, à plus de 300 km/h le Boeing 747 de la compagnie Pan American. Le bilan est catastrophique : 583 personnes trouveront la mort ce jour là. Empêchés d'atterrir à l'aéroport de Las Palmas en raison d'une alerte à la bombe, ces deux avions avaient été déroutés de leurs trajectoires initiales pour venir atterrir sur le petit aéroport de Tenerife. Après quelques heures d'attente, c'est au moment de repartir que l'accident se produisit. L'analyse des comportements et des interactions qui ont précédé l'accident révèle certains des dysfonctionnements qui ont menés à cette catastrophe (rapport d'enquête du secrétariat général de l'aviation civile espagnole¹, 1978 ; Weick, 1990 ; Koenig, 2003) : un effondrement des dispositifs de coordination et une incompréhension entre les différents acteurs en présence (entre les pilotes, et entre les pilotes et les contrôleurs aériens) menant à une perte totale du sens de ce qui était en train de se passer sur la piste au moment du drame.

Cet accident a eu lieu il y a déjà plus de trente cinq ans et pourtant, les situations d'accidents ou d'incidents aériens dont les origines communicationnelles sont en mises en cause, sont plus que jamais à l'ordre du jour et émaillent régulièrement l'actualité ; d'autant plus que nous sommes dans une Société où le risque zéro se veut être la norme et où la conception de l'économie impose une obligation de résultat aux différents acteurs du domaine aérien. Dans nombre de ces incidents interviennent, en effet, les échanges entre pilotes et contrôleurs, et plus largement entre avions et tours de contrôle puisque, comme nous allons le voir dans ce travail, la composante automatisée des échanges tend à prendre une part croissante dans la régulation des trajectoires des avions. Au gré de ces incidents et accidents, des règles, des normes, des procédures et des systèmes techniques ont été développés afin de tendre vers toujours plus de sécurité et de maîtrise dans la gestion des aéronefs. Ainsi, le

¹ En ligne, [http://www.panamair.org/accidents/victor.htm#Secretary of Aviation Report On Tenerife Crash](http://www.panamair.org/accidents/victor.htm#Secretary_of_Aviation_Report_On_Tenerife_Crash), consulté en Janvier 2010.

domaine du transport aérien est un milieu hautement procéduralisé et technicisé dans lequel les projets d'informatisation et d'automatisation occupent une place centrale. Gravé dans la mémoire des pilotes et des contrôleurs, l'accident de Tenerife en particulier, et plus généralement les accidents survenus au cours de l'histoire de l'aviation, ont régulièrement été évoqués par nos interlocuteurs au cours de notre recherche, nous signifiant ainsi explicitement ou implicitement que malgré les technologies, les règles de sécurité, les procédures, certains environnements de travail ne pourront jamais entièrement être « sous contrôle ». Ces travailleurs évoluent dans un environnement incertain car il combine des contingences multiples et pour partie contradictoires.

Un projet de recherche au croisement d'enjeux socio-économiques et théoriques

Le domaine aéronautique a connu de nombreuses transformations socio-techniques de moyen-long terme mais qui, dans le contexte contemporain actuel, semblent s'accélérer et s'intensifier avec la montée en puissance des logiques économiques et des grands projets de réorganisation et d'harmonisation du trafic aérien à l'échelle mondiale. La libéralisation du transport aérien, à la fin des années 1980, a notamment participé à précipiter le monde aéronautique dans une sorte de course poursuite à l'efficacité et à la rentabilité. Nous allons voir que ces projets ont des incidences directes avec les évolutions des systèmes techniques et les nouvelles configurations de pratiques dans lesquelles se trouvent les pilotes et les contrôleurs aériens.

Nous assistons à une complexité croissante du système aéronautique, à savoir, une fragilité économique de certaines compagnies aériennes, une pression plus forte des compagnies pour renforcer les trajectoires de vol optimales, un stress au travail plus important et des systèmes techniques de plus en plus sophistiqués, intégrés et totalisants. Les avions, les routes aériennes, les aéroports, les centres de contrôle ont gagné en performance mais également en complexité. Au gré des évolutions des méthodes et des techniques de pilotage et de contrôle (des avions de plus en plus performants et rapides, des transmissions de données numériques, des calculateurs plus puissants, etc.), le monde de l'aéronautique se développe en même temps que les temps de liaisons autour de la planète diminuent et que le trafic augmente. La congestion du ciel est en passe de devenir un frein à la croissance du trafic aérien, tout du moins en Europe, carrefour des routes aériennes au dessus de nombreux pays (la complexité du trafic n'est pas seulement liée au nombre d'aéronefs dans un espace, elle est

aussi liée au nombre d'infrastructures desservies au sol. Ainsi, à l'échelle européenne, le nombre d'aéroports proches les uns des autres participe-t-il de cette complexité : en effet, plus le trafic en évolution interfère avec le trafic en transit plus la complexité du contrôle augmente). Par ailleurs, la pression des compagnies aériennes pour que la gestion du trafic soit à la fois plus souple et plus efficace s'intensifie afin de maintenir les meilleurs créneaux de vol. L'enjeu opérationnel primordial pour les autorités en charge du développement du contrôle aérien et de la gestion des flux d'aéronefs est de maintenir un niveau de sécurité élevé tout en accompagnant cette augmentation de trafic.

Dans ce contexte renouvelé, nous trouvons un intérêt particulier à mettre la focale sur les activités de production d'information et de communication dans les échanges pilotes-contrôleurs en ce qu'elles sont tout particulièrement procéduralisées, équipées et contrôlées. En effet, pour suivre l'augmentation de trafic tout en répondant aux exigences de sécurité définies règlementairement, et nécessaires à la confiance dans ces systèmes complexes, une nouvelle génération d'outils de transmission des données entre le sol et l'air est en cours d'implémentation à l'échelle mondiale ; l'enjeu vise à optimiser et à rendre uniforme la gestion du trafic aérien. A l'outil technique utilisé jusqu'à présent pour la transmission des messages – à savoir la radiotéléphonie – se substituent progressivement des transmissions par liaisons de données (Data Link). Celles-ci peuvent remplacer les transmissions vocales par des messages numériques écrits (CPDLC²), mettre à jour des données depuis l'ordinateur de bord de l'avion, vérifier la conformité du vol aux instructions de contrôle (alarmes) et mettre à jour numériquement des données dans le système de contrôle (strip³).

De manière générale, les études consacrées au domaine de l'aéronautique et aux relations pilotes-contrôleurs sont principalement le fait de linguistes, psycholinguistes, psychologues et ergonomes. Ainsi en est-il de l'étude de Jeremy Mell (1992) qui s'est intéressé aux formes linguistiques du dialogue pilote-contrôleur et à certains éléments du contexte de l'énonciation, ou encore des études menées par Claude Navarro (2001) sur le partage de l'information en situation de coopération à distance et les nouvelles technologies de la communication. Les travaux sont également le fait de chercheurs dont les études sont davantage ancrées dans les sciences de l'ingénieur et portent sur l'étude du contrôle aérien en

² *Controller-Pilote Data Link Communication*

³ Outil indispensable des contrôleurs, les strips sont des petites bandes de papier sur lesquelles sont répertoriées les informations relatives à un vol ; des versions informatisées de ces strips sont en cours de mises en place à différents stades d'avancement selon les pays.

tant que système complexe. Nous pouvons citer à ce titre Evelyne Morvan Kauffmann (1999) qui s'est intéressée au rôle adaptatif de l'opérateur humain dans les grands systèmes critiques ; ou encore Pascal Salembier et Bernard Pavard (2004) qui, en étudiant la coopération homme-homme et la coopération homme-machine, se sont penchés sur certaines activités du contrôle aérien. Anthropologues et sociologues ont également investi le domaine de l'aéronautique autour, notamment, de questions liées à la présence de plus en plus importante d'automates dans les relations sociales. Nous faisons ici principalement référence aux études menées par Alain gras, Caroline Moricot, Sophie Poirot-Delpêche et Victor Scardigli (1994) qui se sont intéressés à l'automatisation du contrôle aérien.

Dans le cadre de ce travail de thèse, nous proposons de développer une approche communicationnelle des activités de pilotage et de contrôle et de leurs inter-relations. Cette approche trouve un intérêt particulier du fait d'un changement important lié à l'évolution des dispositifs d'information-communication et des pratiques professionnelles associées. Le système technique étudié participe, en effet, d'une nouvelle étape d'informatisation et d'automatisation des activités de la navigation aérienne. C'est un objet encore peu travaillé en sciences de l'information et de la communication alors même que les activités de production d'information et de communication sont des dimensions clés concernées par ces évolutions. Nous proposons d'interroger la manière dont les systèmes techniques informationnels actuellement déployés viennent équiper les productions d'information et les situations de communication et, ce faisant, viennent soutenir ce que nous identifions comme un processus de rationalisation de ces activités afin de tendre vers toujours plus de maîtrise, d'efficacité et de sécurité dans la mise en œuvre de la gestion du trafic aérien. Dans cette optique, notre questionnement s'articule autour de deux axes :

- dans un premier temps, nous interrogeons les modèles d'organisation en lien avec les transformations socio-économiques actuelles ; prévalant dans la conception de ces systèmes techniques, et plus particulièrement au plan des activités de production d'information et de communication.
- Dans un deuxième temps, nous questionnons la place et le rôle des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) dans les pratiques de travail, et plus spécifiquement les pratiques communicationnelles des pilotes et des contrôleurs aériens.

Dans ce cadre, nous proposons de saisir les transformations technologiques actuelles comme participant d'un processus de rationalisation des activités de production d'information

et de communication. Ce questionnement s'inscrit dans un travail d'équipe (ECORSE-CERTOP)⁴ plus large qui interroge les processus de rationalisation à la fois des méthodes organisationnelles et des activités de production d'information et de communication. Nous posons que cette rationalisation repose notamment sur l'équipement des activités par des systèmes techniques informatisés de plus en plus complexes. Précisons dès lors, que pour interroger ce phénomène, nous nous sommes munie de la définition de la notion de rationalisation tel que proposée par Jean-Luc Bouillon (2009), à savoir :

« un triple processus intégré d'optimisation, de codification et de justification des activités, se matérialisant au travers de rapports sociaux et économiques, de la relation de pouvoir et de différentes formes de régulation sociales par lesquelles se coordonnent les activités humaines » (p.7 du document).

Par ailleurs, pour interroger la place qu'occupent les technologies de l'information et de la communication dans la mise en œuvre de ce mouvement, nous avons repensé le développement contemporain des TIC à l'aune de la définition proposée par Anne Mayère, Isabelle Bazet et Angélique Roux (2012), à savoir :

« Penser de façon inter-reliée les artefacts, les méthodes prescrites en association ou que les objets techniques viennent en partie "pré-câbler", et les savoirs savants et profanes développés lors de leur conception et de leur usage » (p.121).

Pour mener à bien ce questionnement autour d'une rationalisation équipée d'artefacts et de systèmes techniques, l'enjeu consiste à constituer un cadre d'analyse nous permettant, au moins en partie, de suivre l'articulation entre les transformations globales qui sont de nature économique, normative et managériale et les changements locaux qui interviennent dans les situations d'interaction. Pour cela, nous avons choisi de mobiliser la théorie de l'activité de Yrjö Engeström (1987) en ce qu'elle nous permet justement de lier les niveaux situationnels et socio-historiques pour caractériser les enjeux contemporains tels qu'ils se nouent autour des activités de pilotage et de contrôle, ainsi que de leurs inter-relations. Nous nous sommes tout particulièrement inspirée de son concept de contradiction afin d'interroger la dynamique conflictuelle des systèmes d'activité et de mettre en évidence les tensions qui prennent forme à l'intérieur de chacun de ces systèmes et entre eux.

⁴ Equipe ECORSE (Equipe COmmunication, Risques, Santé, Environnement) du CERTOP (Centre d'Etude et de Recherche, Travail, Organisation, Pouvoir), Université Toulouse 3.

Dans cette recherche visant à saisir l'articulation entre technologie, organisation et communication, la théorie de l'activité nous permet ainsi de saisir l'imbrication de systèmes techniques de plus en plus normés et normalisants, établis par des instances internationales et nationales, et qui doivent être mis en œuvre localement. Par ailleurs, nous avons enrichi ce cadre d'analyse par des théories issues des sciences de l'information et de la communication dont notamment les travaux des CCO (Communication Constitutive des Organisations) d'une part, et les travaux de Yves Jeanneret et Emmanuël (1999) sur la notion d'« architecte », d'autre part.

L'approche CCO nous permet de réfléchir à la centralité de la communication comme constitutive des organisations. Elle nous permet d'explorer les dynamiques reliant organisation et communication en posant l'hypothèse que la communication est constitutive des organisations. Puis, la notion d'architecte de Jeanneret nous permet d'interroger le modèle de communication tel qu'inscrit et prescrit dans les systèmes techniques d'échanges pilotes-contrôleurs ; et d'identifier, à l'aune des pratiques observables, certaines questions-clés qui en résultent au plan des activités de pilotage et de contrôle aérien.

Architecture de la thèse

Cet écrit doctoral est composé de trois parties, chacune comprenant deux chapitres. Dans la première partie, nous constituons nos objets d'étude et nos objets scientifiques. Cela nous amènera à poser, à la fin du chapitre 2, notre problématique de recherche.

Le premier chapitre rend compte des caractéristiques et des évolutions socio-techniques des activités de la navigation aérienne, tant au plan du contrôle aérien que du pilotage ainsi que de leurs inter-relations. Pour cela, nous proposons de retracer, sur le temps long, les grandes étapes de transformations du dispositif socio-technique qui incluent une automatisation de plus en plus grande des activités de pilotage et de contrôle. En suivant une démarche « socio-biographique » (Poirot-Delpech, 2009) de l'automatisation du contrôle aérien nous proposons de rendre compte des acteurs/actants en présence et des institutions en action. Sans épuiser, du moins nous l'espérons, ni le sujet, ni le lecteur, ce chapitre permet de donner à penser le phénomène et de comprendre les spécificités et les évolutions du milieu aéronautique, dont certaines ont des racines tout à fait anciennes.

Dans un second chapitre, nous nous intéressons au système de pensée et d'action des acteurs de l'informatisation afin d'interroger la conception qui est faite de l'information, de la

communication et de l'organisation. En prenant appui sur les travaux de Victor Scardigli (2001), nous proposons ainsi de saisir les caractéristiques de la « pensée-ingénieur » qui guide les projets d'informatisation et d'automatisation des activités de pilotage et de contrôle. En cela, nous mettons en évidence la forte prégnance d'une vision fonctionnaliste de l'organisation et de la communication. Puis, nous expliquons ce en quoi l'approche de Karl Weick (1979), notamment, nous permet d'adopter une perspective plus située et ethnographique pour rendre compte de ce qu'est la communication dans sa dimension organisationnelle. Nous proposons également de nous intéresser à la place de la matérialité en ce qu'elle contribue aux activités de production d'information et de communication. Enfin, nous dressons les pourtours de notre objet scientifique et posons notre problématique de recherche.

Dans une deuxième partie, nous présentons la façon dont se sont constitués nos objets théoriques et méthodologiques.

Sur le plan théorique, nous présentons, dans le chapitre 3, la théorie de l'activité de Yrjö Engeström (1987) sur laquelle nous prenons appui. Pour discuter de la pertinence de cette théorie au regard de celles d'autres auteurs ayant des préoccupations similaires, à savoir, penser l'articulation entre technologie et organisation, nous proposons de revenir sur le courant des CSCW (*Computer Supported Cooperative Work*) et des *Workplace Studies*, notamment au travers des théories de l'action située (Suchman, 1987) et de la cognition distribuée (Hutchins, 1995). Cela nous permet de montrer les apports spécifiques que nous offre la théorie de l'activité du point de vue de notre objet d'étude.

Sur le plan méthodologique, nous rendons compte, dans le chapitre 4, de la façon dont s'est constitué notre projet de recherche. Nous y présentons, tout d'abord, le cadre institutionnel et scientifique dans lequel nous avons effectué notre recherche. Puis, nous spécifions les caractéristiques propres à notre terrain d'investigation ainsi que la façon dont nous avons récolté et analysé nos différents matériaux.

Enfin, dans une troisième partie, nous entamons l'analyse de la mise en œuvre de l'informatisation et de l'automatisation des activités de pilotage et de contrôle comme projet de rationalisation des activités de production d'information et de communication.

Sur la base du concept de contradiction de Yrjö Engeström, le chapitre 5 rend compte des tensions à l'œuvre à l'intérieur et entre les systèmes d'activité de la navigation aérienne. Pour cela, nous portons notre attention sur les dynamiques socio-historiques et économiques

qui ont mené à la situation de changement. Cela permet de comprendre la façon dont l'évolution des systèmes techniques participe à certaines reconfigurations des pratiques communicationnelles des pilotes et des contrôleurs aériens.

Enfin, le chapitre 6 propose de poursuivre l'analyse de la transformation du système d'activité de la navigation aérienne en identifiant les tensions qui émergent suite à l'intégration du nouveau système technique dans les pratiques de travail, et ce :

- en considérant les questions que soulèvent les professionnels qui ont eu à expérimenter ces nouveaux systèmes techniques tels qu'insérés dans l'écologie des artefacts, et qui la transforment en retour ;
- en étudiant des accidents et le diagnostic dont ils ont été l'objet au travers de différents éléments de corpus ;
- et en observant ces pratiques en situation.

De ce matériau pluriel et composite – constitué selon notre projet, mais également au gré des opportunités dans un contexte peu enclin à l'ouverture – nous dégageons des questions et des enjeux articulant des transformations globales et des pratiques locales, avec pour focale, les productions d'information et les activités de communication entre pilotes et contrôleurs, entre avions et tour de contrôle, les uns les autres envisagés comme systèmes socio-techniques au sein desquels les territoires et modalités d'intervention sont sujets et objets de profondes transformations.

PARTIE 1

L'informatisation des relations pilotes- contrôleurs : un domaine archétypal d'innovations visant l'automatisation des échanges

Chapitre 1

***Vers une automatisation du contrôle de la navigation aérienne :
actants en présence, institution en action... p.13***

Chapitre 2

***De la pensée-ingénieur à la pensée organisationnelle :
pour une approche communicationnelle des processus organisant ... p.53***

Chapitre 1

Vers une automatisation du contrôle de la navigation aérienne : actants⁵ en présence, institution en action

Dans ce chapitre d'ouverture, nous entendons présenter un certain nombre d'éléments et de notions relatifs au domaine de l'aérien afin de saisir les tenants de notre objet d'étude. Il s'agit tout d'abord de se familiariser avec le monde de l'aéronautique afin de rendre compte de ce qui nous a amené à saisir comme perspective de recherche les transformations technologiques en milieu aéronautique, et en particulier, ce qui concerne les activités de production d'information et de communication dans la relation de coordination entre pilotes et contrôleurs aériens. Pour appréhender notre objet d'étude, ainsi que l'environnement complexe dans lequel il s'insère, nous proposons, dans un premier temps, de retracer les grandes étapes de transformation du dispositif socio-technique des activités de la navigation aérienne, tant du pilotage que du contrôle aérien, en adoptant une démarche « socio-biographique » de l'automatisation du contrôle aérien. Nous empruntons cette métaphore à Sophie Poirot-Delpech (2009) afin de mettre en évidence « qu'à travers l'automatisation du contrôle aérien est visée l'étude d'un système technique concret, construit, porté par des hommes et des collectifs particuliers, inscrit dans une historicité » (2009, p.21). En revenant sur les évolutions passées et en cours, nous entendons rendre compte de la façon dont se sont construits des pratiques, des institutions et des objets techniques en tentant d'identifier les enjeux associés. Dans un deuxième temps, nous proposons de revenir sur les grands principes et méthodes du contrôle de la circulation aérienne afin de spécifier les évolutions en cours et qui sont au cœur de notre questionnement. Enfin, nous précisons, dans un dernier temps, les perspectives de recherche que nous avons choisi de traiter dans le cadre de ce travail.

⁵ Nous utilisons le terme d'actants pour désigner les êtres et les choses (objets, principes, etc.) qui ont une force agentielle, un poids dans le déroulement des actions.

1. Pour une « socio-biographie » de l'automatisation du contrôle aérien

Comme le souligne Sophie Poirot-Delpech (*ibid.*), employer le terme de « socio-biographie » pour désigner un système technique permet de mettre l'emphase sur « le mode d'existence des objets techniques » (Simondon, 1958). En suivant sa perspective, nous considérons que la mise en récit ou en intrigue qu'offre le mode biographique nous semble intéressant en ce qu'il permet de « raviver la mémoire » (Poirot-Delpech, 2009). En retraçant l'histoire de l'automatisation du contrôle aérien, nous entendons proposer quelques clés de lectures qui nous permettent de mieux appréhender les transformations actuelles : le « pourquoi » et le « comment » de ce qui se met à l'œuvre dans l'activité de la navigation aérienne.

Aujourd'hui, l'aviation repose sur un système complexe de dépendances mutuelles entre les organismes au sol et les équipages en vol. Au sol, les centres de contrôle sont garants de la régulation du trafic aérien. Ce qui donne tout son sens à l'édifice est l'organisation des routes aériennes et le découpage de l'espace aérien dans lequel circulent les aéronefs, et dont les services au sol doivent assurer la coordination et la sécurité. Cette régulation de la circulation aérienne est un domaine hautement procéduralisé dans la mesure où chaque rôle, chaque action, chaque transmission d'information est assujéti à de très fortes procédures au niveau national et international. L'aviation participe d'une mondialisation avant l'heure dans la mesure où, nous l'aurons compris, les avions ne peuvent s'arrêter aux frontières des pays en attente d'autorisations ou d'instructions purement locales. Aussi afin d'assurer l'ordre, la sécurité et l'expansion du transport aérien, des normes et des pratiques ont-elles dû être élaborées au niveau international, il y a déjà plus de cent ans.

1.1. Les prémices d'un contrôle de la circulation aérienne

Au début de l'aviation, la préoccupation principale s'axait davantage sur les possibilités de l'objet avion en tant qu'innovation que sur la façon d'organiser son déplacement dans l'espace aérien. C'est en 1910, après que se produisit à Vienne la première collision en vol entre deux avions, qu'un certain nombre d'Etats se réunirent pour discuter de la nécessité d'établir des règles de l'air. Et c'est en 1919 que fût créée l'ICAN⁶ (*International Commission for Air Navigation* ou CINA : Commission Internationale de la Navigation Aérienne) dont l'objectif était d'élaborer des règles de la circulation aérienne. Il s'agissait

⁶ Dont les Etats-Unis ne font pas partie.

alors de définir les volumes d'espace dans lesquels les pilotes étaient autorisés à circuler, ainsi que les procédures à appliquer lorsque deux avions étaient amenés à se croiser. A cette époque, le pilotage d'un avion s'effectuait « à vue », c'est-à-dire lorsque les conditions météorologiques permettaient aux pilotes de se repérer seuls dans l'espace aérien (grâce à des repères fixes : horizon, sol). Pour se repérer géographiquement dans l'espace aérien, les pilotes suivaient des repères terrestres tels que les fleuves ou les voies de chemin de fer. Cette pratique prit fin suite à la collision en vol au dessus de Beauvais, le 7 janvier 1922, de deux avions circulant en face à face. A partir de ce moment, la circulation des aéronefs s'effectuera sur des « routes aériennes »⁷ sur la base, dans un premier temps, de cartes représentant le sol et ses obstacles, puis, dans un deuxième temps, grâce à la construction de « phares aéronautiques ».⁸ Très rapidement, le perfectionnement des instruments de navigation, permit aux pilotes de se déplacer sans visibilité grâce au guidage par radiogoniométrie⁹ : c'est le début du vol dit « aux instruments » (les pilotes suivent les indications transmises par les instruments – cette notion est plus spécifiquement développée dans la partie 2 de ce chapitre). Cette pratique, encore peu répandue à l'époque, nécessitait la présence d'opérateurs au sol dont la mission consistait à guider les avions aux abords des aérodromes en transmettant aux pilotes, par télégraphie sans fil (TSF)¹⁰, en morse, des renseignements sur leurs positions et sur le cap à suivre pour rejoindre l'aérodrome. Initialement, les commandants de bord s'exprimaient dans la langue du pays survolé (certains d'entre eux pouvant parler jusqu'à quatre langues). Néanmoins, en Europe, afin de régler les problèmes liés aux différentes langues, un premier langage international codifié fût instauré : le code Q¹¹ utilisant le morse (radiotélégraphie).

⁷ « La route aérienne comprend le tracé de la route, son organisation proprement dite ; l'organisation des réseaux télégraphiques et téléphoniques, les communications radio-télégraphiques et radio-téléphoniques, l'organisation du balisage et enfin celle du service météorologique » (Pierre-Etienne Flandin, au Congrès international de la Navigation Aérienne, cité dans Gras et al., 1994, p.34).

⁸ Les phares aéronautiques sont des repères implantés au sol, le long des routes aériennes, et qui permettaient aux pilotes en vols de nuit ou par temps brumeux de se repérer. Ce sont les ancêtres des outils de radionavigation actuels.

⁹ La radiogoniométrie est un procédé permettant de détecter l'arrivée d'une onde électromagnétique. Dans le domaine de la navigation (maritime puis aérienne) les goniomètres ont été utilisés comme instruments d'aide à la navigation.

¹⁰ TSF : Télégraphie Sans Fil : utilise les ondes hertziennes pour transmettre des signaux en morse.

¹¹ Le code Q est un code international de messages utilisant une suite de 3 lettres et commençant tous par la lettre Q. quelques exemples :

- QDM : cap pour venir vers moi
- QRF : je fais demi-tour

Il est à noter que le problème de langue ne se posant pas, en vol intérieur, au dessus des Etats-Unis, les pilotes continueront à s'exprimer en phonie (radiotéléphonie).

Georges Maignan dans son ouvrage intitulé *le contrôle de la navigation aérienne* (1991) relate un extrait du livre *CIDNA ou l'express d'Istanbul*¹² écrit par le lieutenant-colonel Pierre Weiss et qui raconte comment s'est déroulée, en 1932, l'arrivée simultanée de plusieurs avions à l'aérodrome de Sofia. Cet extrait nous semble intéressant dans la mesure où il relate un fait historique qui préfigure ce que deviendra le contrôle aérien.

« Pour éviter tout danger, pendant le voyage, l'avion volait à 1500 m, au milieu des nuages, ceux-ci étant trop épais pour qu'il puisse les survoler. Au poste radio de Sofia, nous entendions notre camarade demander sa position et les postes de TSF survolés lui répondre. C'était émouvant et magnifique d'imaginer cet avion aveugle, conduit par le seul chant de la TSF ! Dans les stations radiotélégraphiques, les opérateurs attentifs aux appels de l'aviateur, penchés sur leurs cartes, manipulaient avec soin le cadre goniométrique, voulant passionnément sauver le prisonnier du ciel. Enfin, notre avion survole l'aérodrome ! Il est toujours à 1500 m. On entend à peine le bruit de ses moteurs, amorti par l'altitude et le matelas de nuages. Il perd de la hauteur et se prépare à atterrir quand deux avions étrangers se signalent tout à coup au-dessus de l'aérodrome. A notre poste d'écoute, les appels se mêlent, se brouillent... c'est tragique. Les trois avions aveugles s'ignorent et peuvent se rencontrer en l'air. Aussitôt, nous prenons le commandement et lançons des ordres : Avion A à 1000 m. Puis avion B à 700, avion C à 400 m. Puis, l'un après l'autre, nous les faisons descendre jusqu'à 30 m, car la nébulosité traîne presque à terre. Les avions débouchent, aperçoivent le sol et, après un bref merci, relèvent leur antenne. Ouf ! Quelle minute nous venions de vivre ! La TSF a sauvé trois équipages » (Lieutenant-colonel Pierre Weiss, 1932, cité dans Maignan, 1991, p.4).

C'est sous la pression de situations telles que celle décrite ci-dessus que la mise en œuvre d'un « contrôle » des aéronefs depuis le sol s'est progressivement opérationnalisé et réglementé. Afin de prévenir les collisions en vol et de faciliter les phases d'approche sans visibilité, des mesures ont été prises dont notamment la création de circoncriptions radioélectriques (les stations radio étaient rattachées aux aérodromes) ainsi que la délimitation de zones d'approche de 30 kilomètres autour des aérodromes. Au sol, l'enjeu consistait à pouvoir identifier la position des aéronefs afin de renseigner les pilotes sur leur position et sur le cap à suivre. Se mit alors en œuvre une première organisation du « contrôle » de la circulation aérienne autour de la méthode dite du « *plotting* » ; deux catégories de professionnels sont à cette époque à l'œuvre dans la gestion des aéronefs : les commandants

¹² Weiss Pierre, (1932), *Cidna ou l'express d'Istamboul* : notes pour servir à l'histoire des énergies de l'air, L. Querelle, Paris, France.

d'aérodromes (majoritairement d'anciens navigants de guerre) et des opérateurs radiotélégraphiques. Les aéronefs équipés de la TSF¹³ et évoluant dans l'espace aérien par mauvais temps, étaient tenus de se signaler à la station de contrôle correspondant à la zone survolée afin de transmettre aux opérateurs au sol les caractéristiques de leur vol (lieu de départ, d'arrivée et leur position par rapport au niveau de la mer). Chaque mouvement d'aéronef était ensuite répertorié par les opérateurs au sol et matérialisé par des plots sur une « table-carte » représentant la zone survolée (méthode du *plotting*). Les avions étaient ainsi transférés d'une circonscription radio à l'autre. Aux abords des aérodromes, la méthode « zz »¹⁴ est officialisée (méthode d'aide à l'approche sans visibilité) et des premières normes de séparation entre aéronefs sont prescrites. Notons dès à présent que ces normes de séparation ont été établies de façon à ce que les espacements entre aéronefs (sur le plan vertical, en distance et sur le plan horizontal en temps) ne descendent pas en dessous du seuil de sécurité jugé nécessaire. Ces normes de séparation sont calculées en fonction de la marge d'erreur entre la position réelle de l'aéronef et la position estimée de celui-ci par les instruments de détection des aéronefs : plus l'écart est grand, plus les minima d'espacement devront être importants. Ces normes de séparation seront donc amenées à évoluer au fur et à mesure de l'évolution des outils de détection des aéronefs.

L'ensemble des règles de navigation et de transmission des messages est édité dans le *Bulletin de la Navigation Aérienne* puis publié dans le Journal Officiel. Les acteurs du milieu aéronautique (qui proviennent d'horizons différents) participent, en accord avec l'ICAN, à la construction des « préceptes » de l'aviation civile. Il est à noter que le développement de l'aviation ne s'est pas effectué dans le même contexte socio-politique pour tout le monde. Entre l'Europe et les Etats-Unis, par exemple, les perspectives ne sont pas les mêmes : en Europe, l'aviation est vue comme un moyen de consolidation des puissances coloniales et son développement va se heurter aux limites des nations ; ce qui soulève plusieurs problèmes dont

¹³ Dès les années 1920, l'ICAN réglemente les vols en imposant aux vols de plus de cinq sièges d'être équipés en radiotéléphonie et à ceux équipés de plus de dix sièges, d'embarquer à bord du vol un télégraphiste pratiquant le morse (« du morse à la souris, 60 ans de contrôle en route », collection mémoire de l'aviation civile, 2007).

¹⁴ La méthode « zz » consiste pour l'opérateur radio à 1) identifier la présence d'un aéronef à proximité de la station grâce au bruit du moteur et à transmettre au pilote, en morse, un signal lui indiquant que l'aéronef se situe à la verticale de l'aérodrome. 2) le pilote continue alors sa trajectoire pour ensuite effectuer un demi-tour et revenir vers l'aéroport. L'opérateur indique alors au pilote un certain nombre de caps magnétiques vers la station. 3) lorsque l'opérateur entend de nouveau le bruit du moteur, il indique au pilote (en lui transmettant le signal « zz ») que ce dernier peut continuer sa descente vers l'aérodrome. Dans cette configuration, c'est l'opérateur qui engage sa responsabilité.

notamment des problèmes de raccordement des routes aériennes, de compatibilité des installations radio-électriques et des difficultés de communication relativement aux différentes langues (Gras et al., 1994, p.37). Aux Etats-Unis, le transport aérien s'est développé beaucoup plus rapidement (notamment grâce à la disponibilité des espaces au sol et en l'air ainsi qu'à l'unité de la langue), afin de quadriller l'ensemble du territoire et de contribuer à l'unité fédérale ainsi qu'à une nécessité politique et économique (*ibid.*).

1.2. Phase de maturation du contrôle aérien : vers une harmonisation des méthodes de contrôle relativement aux évolutions des aéronefs

Après la seconde guerre mondiale, une phase de (re)structuration débute, notamment parce que les dégâts provoqués par les bombardements sont nombreux et qu'il faut reconstruire la quasi-totalité des aéroports. Les politiques doivent faire des choix financiers pour reconstruire le pays. Dans le domaine de l'aéronautique, c'est l'ère du bricolage : des flottes disparates, du matériel récupéré de la guerre, des infrastructures vétustes, etc. Durant le conflit, les flottes se sont enrichies d'un grand nombre d'avions qui vont pouvoir être mis au service de l'aviation civile. Tandis que les compagnies aériennes prennent leur envol, la pratique du contrôle aérien reste à encore à définir, ce qui amène les Etats à s'entendre pour développer le transport aérien au niveau mondial.

1.2.1. L'Organisation Internationale de l'Aviation Civile (OACI)

Dès 1944, le développement de l'aviation nécessite de poursuivre le travail de standardisation et d'harmonisation de l'aviation civile mondiale engagé par l'ICAN. 52 Etats, présents à Chicago, se réunissent de nouveau afin de compléter et de pérenniser les bases du droit aérien international. S'ensuit alors la création d'une instance internationale régulatrice, l'OPACI (Organisation Provisoire de l'Aviation Civile Internationale) qui deviendra en 1947, l'OACI (Organisation de l'Aviation Civile Internationale). L'OACI est une institution spécialisée des Nations-Unies dont le mandat est d'assurer une gestion sûre, efficace et économique du transport aérien.

« Dans la convention initiale, entrée en application en avril 1947, figurent des notions économiques, les droits de trafics par exemple, et des notions techniques générales : zones interdites, règles de l'air, licences des équipages, facilités de navigation aérienne, enquête sur les accidents... dans leurs grands principes. Il faudra attendre quelques années pour que soient publiées les annexes détaillées : moyens de navigation, télécommunication, méthodes de contrôle de la circulation aérienne, renseignements météo, cartes, etc. Ces annexes, sans cesse en évolution,

constituent encore aujourd’hui la bible des Etats et des compagnies » (Jousse et al., 2007, p.8).

L’OACI définit la normalisation du trafic aérien comme l’établissement de « normes et pratiques recommandées » ou SARP (*Standards And Recommended Practices*). Celles-ci s’appliquent à tous les aspects techniques et opérationnels de l’aviation civile internationale (sécurité, licence du personnel, exploitation des aéronefs et aéroports, les services de la circulation aérienne, les enquêtes sur les accidents, l’environnement, etc.). Ces normes sont réactualisées au gré des évolutions. Elles définiront, entre autre, les normes d’activité des pilotes et des contrôleurs aériens ; ainsi que les règles de transmission des messages et la nature des informations transmises en fonction du type de vol.

Au niveau de l’Etat français, un Secrétariat Général à l’Aviation Civile et Commerciale (SGACC qui deviendra par la suite la DGAC : Direction Générale de l’Aviation Civile) est créé. Il sera chargé de faire appliquer les politiques de l’Etat en matière d’aviation civile dans les domaines techniques et économiques (dans le respect des recommandations votées par l’OACI). Ces structures seront amenées à évoluer au gré des différentes recommandations internationales (et aujourd’hui plus particulièrement, des recommandations Européennes, qui, pour prendre en compte la libéralisation du trafic et la privatisation des compagnies aériennes, préconisent de bien distinguer les structures régulatrices – législateur – et les structures d’opérateurs – gestion et application technique de la réglementation).

1.2.2. Les centres de contrôles régionaux

La seconde guerre mondiale va accélérer la pratique du contrôle aérien, notamment au travers de la création des Centres de Contrôle Régionaux (CCR, qui deviendront par la suite des CRNA : Centres Régionaux de la Navigation Aérienne). Le principe à l’origine de la création des CCR fut initié par les Anglais afin de guider les escadrilles alliées vers les bombardiers allemands, lors de la bataille d’Angleterre ; il s’agissait de pouvoir suivre la trajectoire des aéronefs durant toute la durée de leur vol. Deux pratiques se mettent en œuvre pour assurer la gestion des vols de bout en bout : le contrôle « en route » pour guider les aéronefs durant les phases de croisière, et le contrôle « d’approche » afin d’assister les pilotes durant les phases de décollage et d’atterrissage. Dès lors, le contrôle aérien se légitime et se réglemente ; il a pour mission de veiller à ce que l’ensemble des phases de vol se déroule en toute sécurité, de la préparation du vol à l’atterrissage (nous verrons dans la deuxième partie

de ce chapitre, que tous les vols ne sont pas « contrôlés »). Le journal officiel publie un règlement provisoire du contrôle en route où il est précisé que les CCR (qui sont en cours de constitution) « reçoivent et diffusent toutes les informations relatives aux mouvements des aéronefs et à la sécurité de la circulation aérienne générale, informations qu'ils doivent « réclamer » le cas échéant aux autres CCR, aux tours de contrôle ou aux avions. Ils sont chargés également de garantir la sécurité dans les zones de trafic intense et aux carrefours de voies aériennes très fréquentées. Il est précisé que les mouvements des aéronefs effectuant un vol aux instruments sont suivis au centre de contrôle régional sur des tableaux de progression, et leur position, prévue ou contrôlée, est reportée sur une carte de manière à pouvoir informer des risques (météorologiques notamment) et prévenir les autres organismes de l'arrivée probable d'un avion dans leur zone d'action » (Jousse et al., 2007 p.10). Dans le même temps s'opère un premier découpage de l'espace aérien entre les régions dites « d'information de vol » (FIR : *Flight Information Region*) qui sont au nombre de trois en France (elles passeront au nombre de cinq dans les années 1950, chacune d'entre elles gérées par un CRNA) et qui couvrent l'ensemble du territoire, et les régions dites « de contrôle » qui se situent le long des routes aériennes et autour des aéroports, tel que présenté dans la Figure 1 ci-dessous.

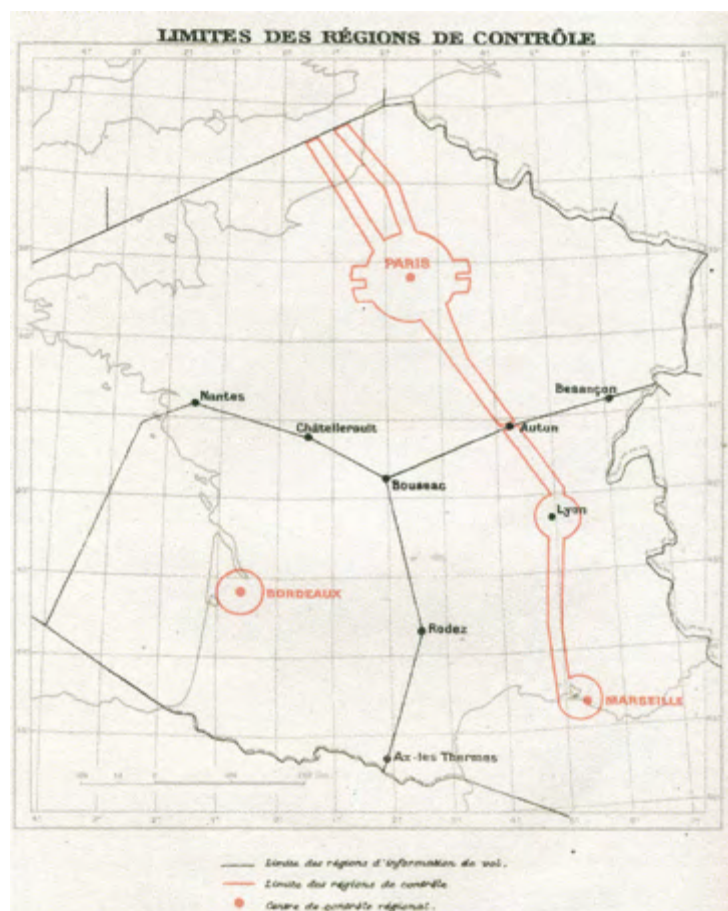


Figure 1 : Découpage de l'espace aérien en régions de contrôle et régions d'information de vol (Jousse et al., 2007 p.10)

Chaque CCR aura la charge d'un espace dans lequel le service rendu aux pilotes dépendra des caractéristiques du vol (vol à vue, vol aux instruments, équipement à bord) et de la « région » dans laquelle l'avion évolue. Une première distinction s'effectue entre les services de « contrôle » et les services « d'information de vol ». Dans les régions « d'information de vol », la mission du contrôleur consiste à fournir des renseignements aux pilotes qui en font la demande (dès lors que ces derniers sont équipés d'une radio). Dans les régions « de contrôle », les pilotes sont soumis à un contrôle des aéronefs, c'est-à-dire que pour évoluer dans l'espace aérien, les pilotes, dont la plupart d'entre eux volent aux instruments, doivent suivre les instructions (dites *clearances* – clairance en français) transmises par les contrôleurs. Pour coordonner l'ensemble du trafic, le dépôt d'un « plan de vol » auprès des services de la navigation aérienne devient obligatoire. Celui-ci aura la valeur d'un contrat entre les services de la navigation aérienne et les compagnies aériennes déterminant ainsi, en cas de problème, à qui incombe la responsabilité de ce dernier.

En France¹⁵, la mise en activité des CCR sera accélérée suite à l'accident, en 1947, d'un DC-3 anglais qui s'écrasa après avoir erré cinq heures au dessus de la France. Cet accident fut, par ailleurs, l'occasion de la mise en place de la toute première commission d'enquête afin de déterminer les causes de l'accident. De nouvelles recommandations (SARP) sont alors instaurées et contribuent à discipliner l'organisation du contrôle aérien. En plus du CCR d'Orly, déjà en fonctionnement, les CCR de Bordeaux et d'Aix en Provence deviennent opérationnels (ils seront installés dans des infrastructures militaires en attendant la création de bâtiments dédiés à cette activité).

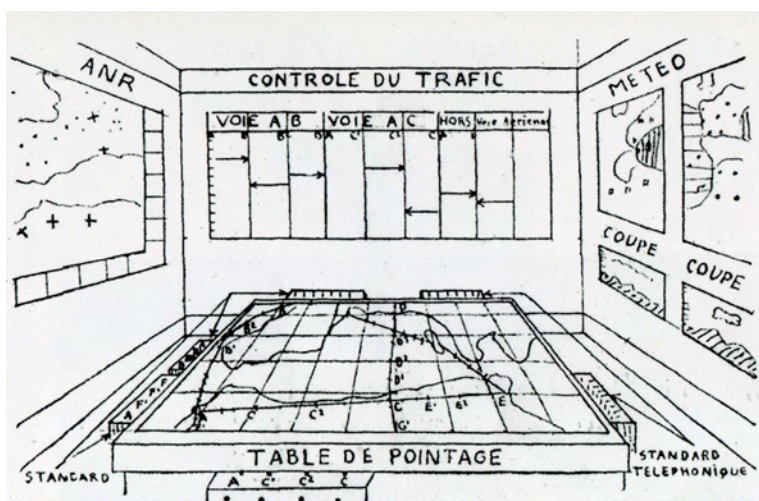
L'année suivante (1948) sont officialisés, par décret, les corps de la navigation aérienne. Une distinction est alors établie entre les contrôleurs de la navigation aérienne (qui se nommeront, plus tard, ICNA : Ingénieurs du Contrôle de la Navigation Aérienne ou encore « aiguilleurs du ciel ») et les opérateurs radio qui relèveront du corps des « agents de la navigation aérienne » (comprenant les opérateurs radio, les dépanneurs radio, les opérateurs télétypistes). Ce nouveau partage des tâches amènera les opérateurs radio à se placer en tant qu'intermédiaires entre pilotes et contrôleurs aériens. Et les centres de contrôle s'organiseront de la manière suivante : une salle de contrôle, un bureau d'information aéronautique, un bureau des télécommunications, un bureau météorologique et une antenne militaire de liaison

¹⁵ Ainsi qu'en Outre-mer : Afrique du Nord, Afrique équatoriale, Afrique Occidentale française (Dakar), Indochine, Madagascar.

(*ibid.*, 2007, p.10) ; chacun des services dédié à une tâche spécifique. L’Ecole Nationale de l’Aviation Civile sera créée en 1949 et accueillera l’ensemble des services de formation de l’aviation civile.

1.2.3. Du « *plotting* » au « *stripping* »

Dans la salle de contrôle, l’enjeu consiste à suivre la trajectoire des aéronefs et à fournir aux équipages, le cas échéant, les informations nécessaires pour préserver l’intégrité du vol. La préoccupation principale s’articule alors autour de la question suivante : comment représenter le trafic devant les contrôleurs ? Initialement, la méthode du « *plotting* » permettait aux contrôleurs, par recoupement entre les données radiogoniométriques et la carte à grande échelle installée au centre de la pièce, de fournir aux pilotes une estimée de la position de leurs aéronefs (en kilomètres et suivant une direction de la rose des vents par rapport à une ville proche). Pour faire face au trafic, il devint nécessaire de prévoir les croisements entre aéronefs. La méthode dite du « graphique chemin de fer »¹⁶ est alors couplée à celle du *plotting* (Figure 2). Elle consiste à reporter sur un tableau de *dispatch* l’ensemble des mouvements d’aéronefs par voies aériennes empruntées (notamment entre les capitales où le trafic est plus important) et de tracer un trait allant du point de départ au point d’arrivée afin de visualiser les potentielles interférences entre aéronefs. Cette méthode avait l’avantage, en cas de perte de contact radio avec un aéronef, d’estimer la trajectoire prévue de ce dernier (d’où la nécessité du dépôt du plan de vol auprès des services de contrôle). Nous verrons qu’à partir des années 1960, l’augmentation de trafic nécessitera la création d’une banque de données centralisée des plans de vol, laquelle conduira à une automatisation du traitement des plans de vol (CAUTRA : Coordinateur AUtomatique du Trafic Aérien).



« Cette illustration montre, au centre d’une pièce, une table de « *plotting* » comportant une carte sur laquelle figurait la position des avions. Autour de cette table, des standards téléphoniques. Sur les murs, à gauche un tableau avec les avis aux navigateurs en cours ; à droite, la situation météo et au fond un tableau de progression des vols classés par voie aérienne » (Jousse et al., 2007, p.10).

Figure 2 : Illustration de la méthode du *plotting*

¹⁶ Cette méthode fut initiée dès les années 1930, au Bourget (alors gestionnaire de la circonscription nord), suite à une augmentation intense du trafic dans ce secteur.

A partir des années 1950, la méthode du *plotting* sera abandonnée au profit de celle du *stripping* ; méthode actuellement toujours utilisée. Sur la base de la méthode du « graphique chemin de fer », l'idée consiste, pour les contrôleurs à suivre la progression des vols de leur point de départ à leur point d'arrivée. Les strips ou bandes de progression sont des petites bandes de papier sur lesquelles sont renseignées les informations relatives à chaque vol et à leur progression dans le temps et dans l'espace. Organisés dans un tableau de strips, ils permettent en l'absence d'image radar (qui se met progressivement en place), de détecter les potentielles interférences entre aéronefs et d'appliquer les normes de séparations en vigueur.

Avec la séparation des corps des opérateurs radio et des contrôleurs, la transmission des messages se faisait par l'intermédiaire du bureau des télécommunications qui centralisait l'ensemble des messages (les messages des contrôleurs du centre et des autres centres, les messages des pilotes, les messages de la compagnie et les messages météo). Le cheminement était le suivant :

« Les messages circulent à l'intérieur du centre sous forme papier. Ils rentrent et sortent du BTC par l'intermédiaire d'un « dirigeur ». Celui-ci communique par un guichet avec un « bouliste » (Aix) ou un autre « dirigiste » (Bordeaux), installé dans la salle de contrôle, qui y distribue à son tour les messages entrants et sortants. Pour poser une question à un équipage, le contrôleur rédige un papier tamponné à l'horodateur et véhiculé par les dirigeants jusque vers l'opérateur radio. Celui-ci dialogue en morse avec l'avion et note la réponse qui fait le cheminement inverse. Dans les faits, le circuit peut être plus rapide et se faire à la voix entre le contrôleur et l'opérateur radio » (Jousse et al., 2007, p.18).

Rapidement, le développement puis la généralisation de la phonie (radiotéléphonie en HF puis en VHF)¹⁷ amènera les contrôleurs à échanger les messages de la circulation aérienne directement avec les pilotes (les opérateurs radio bénéficiant alors d'une reconversion professionnelle)¹⁸. La radiotéléphonie en VHF (à portée limitée) induira la mise en œuvre d'un découpage des FIR en secteurs de contrôle¹⁹ : une fréquence radio sera attribuée par

¹⁷ La HF (*High Frequency*) et la VHF (*Very High Frequency*) sont deux types d'ondes à portées différentes. Nous expliquerons plus en détail les spécificités de ces deux ondes un peu plus loin.

Notons cependant, dès à présent, que l'utilisation de la VHF (à portée réduite) nécessite la création d'un réseau de relais hertzien qui sera progressivement installé sur tout le territoire.

¹⁸ Précisons qu'aux Etats-Unis, les opérateurs radio sont aujourd'hui encore chargés de la transmission des messages entre pilotes et contrôleurs aériens (en zone océanique).

¹⁹ La notion de secteur de contrôle renvoie au découpage (vertical et horizontal) de la FIR en blocs plus petits afin d'assurer le service de contrôle. Ce découpage est fonction du flux (direction des aéronefs : est à ouest, nord au sud, et variantes) et de la capacité du secteur (nombre maximum d'avions possible dans un secteur et nature des flux : montée, descente, croisière).

contrôleur et par secteur de contrôle (un contrôleur étant en charge d'un secteur). Par ailleurs, l'utilisation de la radiotéléphonie nécessitera, du fait de ce mode de transmission, l'élaboration d'une phraséologie aéronautique internationale (nous précisons en quoi consiste ce langage dans la deuxième partie de ce chapitre).

1.3. Vers une modernisation intense

A partir des années 1960, le développement des avions à réaction offre de nouvelles possibilités de vol en atteignant des altitudes et des vitesses largement supérieures à celles de l'avion à hélices. Ces nouvelles configurations de vol nécessitent une réorganisation de la gestion de l'espace aérien et une adaptation des réglementations et des méthodes de contrôle des aéronefs. Par ailleurs, avec l'informatique naissante, une première forme d'automatisation du contrôle aérien se met en œuvre.

1.3.1. Conquérir l'espace « supérieur » : vers de nouveaux instruments de visualisation des aéronefs

Les avions à réactions (Boeing 747, Airbus A 300) vont désormais permettre aux pilotes de l'aviation civile de circuler dans les espaces dits « supérieurs »²⁰ ou UIR (*Upper Information Region*), espaces auparavant réservés aux avions militaires. Se mettent alors en œuvre des groupes de travail entre civils et militaires afin d'organiser la répartition de l'espace aérien supérieur en tenant compte des besoins spécifiques à chaque catégorie de vol (les entraînements au tir, les vols d'essais, les vols commerciaux à réacteurs, etc.). Dans les espaces inférieurs à trafic dense, il devient également nécessaire de reconsidérer les règles du « vol à vue » et d'adapter le contrôle des aéronefs en tenant compte des différences de vitesses entre les avions à réacteurs qui volent plus vite (et qui, destinés à rejoindre l'espace supérieur, volent « aux instruments ») et les avions à hélices. Un nouveau découpage par secteur de contrôle s'effectue et des contrôleurs civils vont être détachés dans les centres militaires afin de coordonner le trafic.

Progressivement chacun des trois CCR se voit attribuer la gestion d'une partie de l'espace supérieur et s'équipe d'un radar primaire²¹. Cet outil rend possible la détection, dans

²⁰ Au dessus de 6000 mètres d'altitude.

²¹ Le principe du radar consiste à envoyer une onde radioélectrique dans une direction, onde qui sera alors réfléchiée par une cible puis renvoyée vers sa source. Une onde voyageant à la vitesse de la lumière, le temps écoulé entre l'émission et la réception permet de calculer la distance entre la source émettrice (le radar) et la source réceptrice (l'objet dans l'espace).

son rayon d'action, de tous les "objets" se trouvant dans le ciel (et qui peuvent, peu ou prou, réfléchir les ondes) ; cela inclut les avions, les nuages, la pluie, etc. Les plots qui apparaissent sur l'écran radar des contrôleurs sont donc anonymes et ne permettent ni d'identifier les aéronefs, ni de connaître leurs altitudes²². Très rapidement, un radar dit « secondaire » sera alors déployé. Cet outil marquera un tournant dans l'activité de contrôle en permettant le filtrage des données du radar. En effet, en procédant par un codage des ondes associées à un transpondeur (avec un numéro spécifique alloué à chaque avion) placé dans la carlingue de l'aéronef, il sera alors possible d'identifier les aéronefs. Avec les débuts de l'informatique, le mariage du radar et du calculateur va permettre d'ajouter un système de filtre afin d'éliminer les « parasites » et d'identifier les avions selon leur localisation dans le secteur, leur altitude, leur nature (civile ou militaire) en proposant, pour chaque plot représenté sur l'écran de contrôle des contrôleurs aériens, une « étiquette » associée contenant les données de l'avion représenté. Le radar secondaire a permis de tisser un lien informationnel supplémentaire entre le sol et le bord en proposant aux contrôleurs l'accès à une image "informée".

1.3.2. Vers une coordination automatique du trafic aérien

Pour mener à bien leurs tâches de gestion des aéronefs, les contrôleurs "manipulent" pour chaque aéronef, une multitude d'informations : les données d'altitudes et de position des aéronefs transmises par les systèmes de surveillance (radar) et desquelles les contrôleurs vont déduire les données à transmettre au secteur suivant, les données du plan de vol, les données transmises en radiotéléphonie par les pilotes, celles transmises en téléphonie par les autres contrôleurs. Durant cette décennie (1960), « l'augmentation du trafic aurait nécessité, à productivité constante, une augmentation quasi exponentielle du nombre de contrôleurs ; si cela avait été le cas, les tâches de coordination auraient provoquées l'asphyxie du système » (Jousse et al., 2007, p.29). Pour endiguer ce problème, le CENA (Centre d'Expérimentation de la Navigation Aérienne) proposa au début des années 1960, de mettre en œuvre une distribution automatique des strips en installant des ordinateurs dans les salles de contrôle : il s'agissait du programme CAUTRA (Coordinateur Automatique du Trafic Aérien). Cette idée d'automatiser le contrôle aérien civil avait commencé à émerger aux Etats-Unis au cours des années 1950 afin, également, de faire face à une situation complexe : le nombre de personnes employées pour contrôler les aéronefs est plus important d'environ un tiers par rapport aux

²² Cela nécessitait des méthodes d'identification permettant de relier un plot à une position indiquée ou à une manœuvre spécifique vu sur le radar.

avions en vol (trois mille personnes pour moins de deux mille avions) ; « le problème est donc crucial et on attend de l'automatisation, non seulement plus de sécurité, mais des économies en personnel » (Poirot-Delpech, 2009, p.50). En France, Jacques Villiers, un jeune ingénieur de la navigation aérienne issu de la première promotion de l'ENAC propose de se pencher sur les perspectives d'automatisation du contrôle aérien civil. Il constitue pour cela un groupe d'étude composé d'ingénieurs de l'aviation civil et s'adresse à des constructeurs de la société IBM qui avait déjà mis au point l'ordinateur IBM 650 à tube avec une mémoire à tambours. Ce fut le premier système informatique utilisé pour l'automatisation du contrôle aérien. Dès lors, « les informations sur les plans de vol sont préparées par des opératrices à partir de cartes perforées ; le calculateur génère l'impression des strips, ensuite distribués dans la salle via un réseau de tubes pneumatiques » (Jousse et al., 2007, p.29). Par la suite, la saturation des calculateurs va conduire à l'implantation de nouvelles machines.

« La première panne majeure du CAUTRA et ses répercussions sur le trafic, au début de 1968, montrent [déjà] l'importance prise par l'informatique dans le contrôle aérien. En 1969, à Athis, des claviers (le digitatron²³, une interface à écran tactile, n'arrivera qu'en 1973) permettent d'activer les vols ; les premières imprimantes, fragiles, distribuent sur les positions de contrôle les strips imprimés recto ou verso selon le sens de la route » (*ibid.*).

De nouvelles versions du CAUTRA vont se succéder (version V installée en 1980) et vont permettre d'assurer le traitement informatique d'une partie des données (vitesse, altitude) – traitement initialement effectué par les contrôleurs – permettant ainsi : le passage d'un calcul des séparations en temps (méthode du « contrôle aux procédures ») à un calcul des séparations en distance (méthode du « contrôle radar »)²⁴, la poursuite multi-radars²⁵,

²³ Le digitatron désigne l'écran tactile à partir duquel les contrôleurs pouvaient saisir et modifier les éléments du plan de vol.

²⁴ Nous expliciterons ces deux méthodes dans la partie 2 de ce chapitre. Notons, cependant, dès à présent que le traitement des données brutes reçues (soit de la part du pilote, soit de la part du radar primaire) nécessitait, pour le contrôleur, de calculer la séparation entre deux aéronefs. Avec le radar secondaire, le calcul est effectué en distance et est lisible sur l'écran radar.

²⁵ Pour limiter les risques de perte de détection d'un aéronef dans le cas d'une panne radar, plusieurs radars vont être utilisés pour la détection de cet aéronef. La difficulté réside dans le fait que, selon l'orientation du radar, l'aéronef ne sera pas perçu au même endroit. La poursuite multi-radars consiste donc via le calculateur à coupler toutes les données radar reçues afin de fournir au contrôleur la position de l'aéronef.

l'activation et l'impression du strip sur le premier secteur²⁶, un filet de sauvegarde²⁷. Ces technologies vont permettre de décongestionner et de répartir la charge de travail entre contrôleurs.

1.4. Faire face à l'explosion du trafic aérien

Au début des années 1980, la croissance du trafic stagne avant de repartir en flèche suite à la libéralisation du transport aérien en 1987. Les compagnies ouvrent des centaines de lignes sur des trajets à court, moyen et long terme ; ce qui a pour conséquence de surcharger les secteurs de contrôle. Durant cette période, on assiste à de nombreux changements organisationnels et technologiques afin de suivre l'augmentation du trafic. De nouvelles technologies sont à l'étude et les exigences de sécurité amènent les Etats à mettre en œuvre de nouvelles réglementations.

« De nombreuses réflexions sont entreprises sur le contrôle automatisé. La puissance de calcul et la fiabilité des calculateurs MITRA sont déjà jugées insuffisantes face à un doublement attendu du trafic tous les 10 à 15 ans. L'amélioration de la sécurité des systèmes, l'intégration de nouvelles techniques comme le radar mono-impulsion, la généralisation des réseaux et le dialogue électronique du futur poste de travail du contrôleur sont à l'ordre du jour » (Jousse et al., 2007, p.40).

D'un point de vue organisationnel, l'enjeu consiste, pour faire face à cette augmentation de trafic, à mettre en œuvre une stratégie de régulation des flux aériens au niveau européen. Les ministres des transports décident alors de construire un centre unique de régulation du trafic européen afin d'organiser et de répartir les flux aériens en fonction des capacités des secteurs ; il s'agit de la CFMU (*Central Flow Management Unit*). Le principe est simple : l'ensemble des plans de vol sera centralisé au niveau de la CFMU et sur cette base, des créneaux horaires seront attribués aux différents vols. Pour ce faire, chaque centre met en œuvre une position spécialisée, la FMP (*Flow Management Position*) qui deviendra l'interlocuteur local de la CFMU.

²⁶ Initialement les strips étaient transférés à l'intérieur d'un centre par un système de tubes pneumatiques. Entre les centres, les informations contenues dans les strips étaient transmises par téléphone. Avec le CAUTRA, les strips seront édités et imprimés sur le premier secteur et transférés automatiquement de centres en centres.

²⁷ Le filet de sauvegarde est un système automatique de détection de proximité entre deux aéronefs qui déclenche une alarme lorsqu'un risque de collision est détecté.

D'un point de vue technologique, une première phase consiste à renouveler les infrastructures au sol (implantation de radars mono-impulsion) et à enrichir le CAUTRA de nouveaux calculateurs permettant d'intégrer les données issues des radars mono-impulsion. Dans la salle de contrôle, de nouveaux postes de travail sont installés (ODS : *Operational Display System*) : « les écrans ronds et monochromes sont remplacés par de grands écrans Sony, carrés, en couleur et à haute définition. Le digitatron disparaît au profit du clavier et de la souris » (Jousse et al., 2007, p.47). Dans les cockpits, l'informatique embarquée va permettre le développement d'outils de navigation permettant d'optimiser et de redessiner le réseau de routes aériennes européennes : « les avions naviguaient sur des routes matérialisées par une série de balises au sol. Toute navigation précise en dehors de ces routes était impossible, sauf avec des moyens complémentaires coûteux » (*ibid.*, p.47). Aujourd'hui, les liaisons de données satellitaires (GNSS : *Global Navigation Satellite System*) vont permettre de définir des routes qui ne sont plus matérialisées par des infrastructures au sol (coûts en implantation et en entretien) mais qui seront définies par des points de passages obligés, calculés en coordonnées géographiques. Par ailleurs, des instruments embarqués d'anti-collision se généralisent : le TCAS (*Traffic alert and Collision Avoidance System*). Cet outil permet, en cas de risque de collision entre deux aéronefs, d'une part de prévenir les pilotes via une alarme sonore et d'autre part, de leur proposer des manœuvres d'évitement par couplage des données des deux systèmes de bord.

A partir des années 2000, le projet « ciel unique européen » se met progressivement à l'étude. L'enjeu consiste à adopter une démarche européenne de convergence des équipements et des stratégies de gestion de l'espace aérien. Des mesures politiques (harmonisation des politiques de transport), budgétaires (éclatement des monopoles) et technologiques (harmonisation et évolution des systèmes techniques) sont prises et contribuent à la mise en œuvre d'un règlement cadre sur la gestion du trafic aérien. Les premiers textes relatifs à la mise en œuvre du ciel unique européen seront publiés en 2004 puis une deuxième version en 2009.

D'un point de vue sécuritaire, on assiste à la mise en œuvre d'exigences réglementaires de sécurité. Les pays membres d'Eurocontrol décident ainsi d'adopter un ensemble de réglementations liées à la sécurité ; il s'agit des ESARR (*Eurocontrol SAFETY Regulatory Requirements*). Les ESARR sont au nombre de 6 :

- L'ESARR 1 impose que soit mis en œuvre une séparation entre les fonctions de réglementation de la sécurité (qui relève du régulateur) et celles de management de la

sécurité (qui relève de l'opérateur). Une formalisation des tâches et des relations entre ces deux types de fonctions est ainsi définie.

- L'ESARR 2 impose que l'ensemble des événements touchant à la sécurité soient notifiés au travers d'une FNE (Fiche de notification des événements indésirables) ; le but étant de pouvoir, sur cette base, établir des indicateurs de performances au niveau européen afin d'alimenter, par la suite, les futures recommandations.
- L'ESARR 3 impose la mise en œuvre d'un système de management de la sécurité (SMS) qui sera chargé de faire appliquer les ESARR dans tous les services.
- L'ESARR 4 précise ce que doivent être les obligations des opérateurs en matière d'étude et de traitement des risques pour toute modification liée à l'ATM (*Air Traffic Management*).
- L'ESARR 5 précise les exigences qui sont attendues en termes de normes de qualification, de maintien des compétences et des aptitudes médicales de l'ensemble du personnel des services ATM dont les fonctions sont liées à la sécurité.
- L'ESARR 6 définit les critères de qualité et les standards requis dans le cadre d'une recherche de sécurisation de l'environnement technique.

Ce qu'il est important de noter en amont d'une analyse plus fine des tensions engendrées par cette croissance significative du trafic aérien (et que nous aborderons dans le chapitre 5), c'est que cette montée en puissance des exigences de sécurité et de l'analyse des dysfonctionnements participe à redéfinir les modalités d'action d'un certain nombre d'acteurs du milieu aéronautique, ainsi que les objectifs à atteindre.

2. Artefacts, méthodes et réseaux techniques

Dans cette deuxième partie, nous proposons de préciser, de façon plus détaillée, les méthodes et principes actuels sur lesquels reposent les activités de contrôle et de pilotage, ainsi que les évolutions actuellement en cours d'implémentation et dont une partie constitue le cœur de notre sujet de thèse.

2.1. Vols à vue et vols aux instruments

Pour les pilotes, l'enjeu consiste à conduire leur aéronef en toute sécurité, de leur point de départ à leur point d'arrivée, en évitant les obstacles qu'ils pourraient rencontrer sur leur

route. Nous avons vu qu’au début de l’aviation, le pilotage d’un avion était fortement assujéti aux conditions météorologiques dans la mesure où pour maintenir un avion dans une configuration propre au vol (altitude, vitesse) il était nécessaire de regarder à l’extérieur pour se repérer dans l’espace aérien grâce à des repères fixes (horizon, sol). Avec l’apparition des instruments gyroscopiques²⁸, les pilotes ont pu disposer d’un horizon artificiel leur permettant de voler sans références visuelles extérieures. Aujourd’hui, bien que les pilotes puissent voler par beau comme par mauvais temps, il n’en reste pas moins que les conditions météorologiques déterminent les procédures de vol à adopter. Lorsque les pilotes sont à même de conduire leurs aéronefs « à vue », c’est-à-dire que la visibilité est suffisante pour voir et être vu des autres pilotes, les pilotes sont alors soumis aux « règles de vol à vue » (VFR : *Visual Flying Rules*) qui correspondent aux « conditions météorologiques de vol à vue » (VMC : *Visual Meteorological Conditions*). A contrario, lorsque la visibilité extérieure est insuffisante pour permettre aux pilotes de se repérer seuls dans l’espace aérien, le pilotage s’effectue dans des « conditions météorologiques de vol aux instruments » (IMC : *Instrument Meteorological Conditions*) et les pilotes²⁹ sont alors soumis aux « règles de vol aux instruments » (IFR : *Instrument Flying Rules*). Ces règles sont définies dans le cadre plus général des « règles de l’air » (RA). Les règles de vol applicables à un aéronef sont fonction du plan de vol déposé pour cet aéronef auprès des services de contrôle. Il y a donc dépôt, soit d’un plan de vol « à vue », soit d’un plan de vol « aux instruments ». Cela permet pour tout vol, de bénéficier du service « d’alerte ». Les services du contrôle pourront sur la base de ce plan de vol (VFR ou IFR) fournir des services « d’information » et/ou de « contrôle » suivant que l’aéronef (VFR ou IFR) est contrôlé ou non contrôlé (les notions de services « d’information », « de contrôle » et « d’alerte » sont définies au point 2.3).

2.2. Les vols contrôlés et non contrôlés

Tous les vols ne sont pas « contrôlés ». Le service de contrôle est associé à un espace. Aussi faut-il, pour qu’un vol soit contrôlé, qu’il évolue dans un espace contrôlé. Ce découpage des espaces contrôlés et non contrôlés relativement aux services de la navigation aérienne fournis (services de contrôle et/ou d’information ; le service d’alerte étant fourni à tous les aéronefs – ce que nous expliquerons juste après) est fonction de la règle du « voir et être vu ». Or cette règle a une limite puisqu’elle se base sur la possibilité météorologique,

²⁸ Le gyroscope est un instrument de mesure de l’assiette de vol de l’aéronef par rapport à l’horizon.

²⁹ Cette pratique du vol aux instruments nécessite une licence de pilotage spécifique.

d'une part de détecter un aéronef et d'autre part, de disposer du temps nécessaire pour effectuer un évitement. Ce délai nécessaire pour mener une action est fonction de la vitesse et des performances des avions (qui varient selon le type d'aéronef). Aussi, différentes « classes d'espaces » ont-elles été normalisées (Figure 3) ; elles déterminent les procédures de séparations auxquelles les pilotes devront se conformer, les règles à suivre selon que le vol est en IFR ou en VFR, ainsi que les services dont bénéficieront les pilotes.

Classe d'espace	Vols admis	Services fournis par les organismes de la circulation aérienne			Obligation radio	Soumis à clairance	Qualité du vol
		Contrôle	Information de vol	Alerte			
A	IFR	Espacement IFR/IFR	Oui	Oui	Oui	Oui	Contrôlé
B	IFR	Espacement IFR/IFR IFR/VFR	Oui	Oui	Oui	Oui	Contrôlé
	VFR	Espacement VFR/IFR VFR/VFR	Oui	Oui	Oui	Oui	Contrôlé
C	IFR	Espacement IFR/IFR IFR/VFR	Oui	Oui	Oui	Oui	Contrôlé
	VFR	Espacement VFR/IFR Information de trafic VFR/VFR	Oui	Oui	Oui	Oui	Contrôlé
D	IFR	Espacement IFR/IFR Information de trafic IFR/VFR	Oui	Oui	Oui	Oui	Contrôlé
	VFR	Information de trafic VFR/IFR VFR/VFR	Oui	Oui	Oui	Oui	Contrôlé
E	IFR	Espacement IFR/IFR	Oui	Oui	Oui	Oui	Contrôlé
	VFR	Non	Oui	Oui		Non	Non contrôlé
F	IFR	Non	Oui Service consultatif	Oui	Oui	Non	Non contrôlé
	VFR	Non	Oui	Oui	Non	Non	Non contrôlé
G	IFR	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Non contrôlé
	VFR	Non	Oui	Oui	Non	Non	Non contrôlé

Figure 3 : Les différentes classes d'espace aérien (Georges Maignan, 1991, p.24)

Dans les espaces à fort trafic IFR (classe A), par exemple, les vols VFR ne sont pas admis (problème de compatibilité entre des avions rapides volant aux instruments et des avions plus lents, volant à vue). Lorsque le vol n'est pas contrôlé, le commandant de bord est seul responsable de la trajectoire de son aéronef et des évitements avec le relief et le reste du trafic. Lorsque le vol est contrôlé, la responsabilité de la tenue du vol (du moins en partie) est transférée aux services de contrôle.

2.1. Les services de la navigation aérienne

Les services de la navigation aérienne sont composés de trois types de services qui dépendent, comme nous venons de le voir, des classes d'espaces dans lesquels les aéronefs évoluent : le service « d'information », le service « d'alerte » et le service de « contrôle ».

Le service d'information et d'alerte : lorsque le vol n'est pas contrôlé, les commandants de bord sont seuls responsables de la trajectoire de leur aéronef et des évitements avec le relief et le reste du trafic. Néanmoins, les pilotes peuvent bénéficier, à condition de disposer d'un moyen de transmission avec le sol, d'un service d'information de vol et d'un service d'alerte. Ces services s'apparentent à des services de conseils dans la mesure où le pilote qui reçoit les informations de la part du contrôleur, n'est pas tenu de les appliquer. Les contrôleurs peuvent ainsi :

- Transmettre des renseignements sur les conditions météorologiques (à la demande du pilote ou à l'initiative du contrôleur lorsque ce dernier a connaissance de la présence de l'aéronef et qu'il estime que les conditions météorologiques peuvent menacer la tenue du vol).
- Transmettre aux pilotes, à l'initiative des contrôleurs (mais sans que cela ne mette en jeu leur responsabilité), des renseignements sur le trafic environnant et les risques de collisions : il s'agit là d'un service dit « d'information de trafic ».
- Prendre en compte les messages de détresse et prévenir les centres de coordination de sauvetage dès lors qu'un aéronef est considéré comme étant en difficulté.

Le service de contrôle : lorsque le vol est contrôlé, la responsabilité de la trajectoire de ce vol et des évitements avec les obstacles est transférée aux services de la circulation aérienne (dans la mesure du respect, par les pilotes, des autorisations données par les contrôleurs). Pour cela, un équipement radio est obligatoire.

Les missions des contrôleurs aériens dans les services de la circulation aérienne consistent ainsi à :

- « assurer la sécurité de tous les usagers de l'espace aérien ;
- communiquer de façon permanente et précise avec les équipages ;

- garantir la meilleure ponctualité des vols possible face à un trafic qui reprend des couleurs après l'atonie des années 2001 et 2002 » (DGAC, en ligne³⁰).

Pour ce faire, les contrôleurs doivent « analyser en permanence une multitude d'informations dans des temps plus ou moins courts, être en mesure de réagir immédiatement dans un environnement complexe et pouvoir prendre une série de décisions déterminantes pour la sécurité des usagers » (*ibid.*).

2.2. Les méthodes de contrôle

Selon les instruments de visualisation dont disposent les contrôleurs, différentes méthodes de contrôle sont mises en œuvre.

Le contrôle « aux procédures » : le contrôle aux procédures désigne le fait de séparer et d'organiser le trafic au moyen de procédures définies. Il devient possible dès lors qu'une communication peut avoir lieu entre le sol et l'avion, même dans le cas où aucun dispositif de visualisation n'est disponible. Cette forme de contrôle est apparue très tôt (dès les années 1930) avec l'utilisation de la radiotélégraphie puis de la radiotéléphonie comme moyen de transmission des messages. Dans les salles de contrôle, les méthodes du « *plotting* » et du « graphique chemin de fer » permettaient aux contrôleurs de renseigner les pilotes sur leurs positions et de leur indiquer la route à suivre pour rejoindre l'aérodrome de destination. A partir des années 1945, c'est la méthode du « *stripping* » qui prendra le relais en permettant « d'affiner les processus d'organisation du trafic et de détection des conflits ainsi que de la circulation de l'information sur le vol entre les secteurs de contrôle, qui se faisaient avec l'augmentation du trafic, de plus en plus nombreux » (Poirot-Delpech, 2009, p.33).

Le strip (ou bande de progression) est une petite bande de papier cartonné sur laquelle sont inscrites les informations relatives à un vol (telles que précisées dans le plan de vol) et les informations relatives à sa progression dans le temps et l'espace. Les routes aériennes prédéfinies dans lesquelles circulent les aéronefs sont formées de plusieurs tronçons et se croisent en des points fixes. Lors du dépôt du plan de vol, la trajectoire d'un aéronef est donc prédéfinie et ce dernier circulera successivement sur plusieurs tronçons de routes aériennes en passant par des points de report (qui déterminent l'altitude et l'heure de passage des aéronefs). Lorsque le centre chargé de la responsabilité de l'aéronef reçoit le plan de vol de ce dernier,

³⁰ Site de la DGAC : www.developpement-durable.gouv.fr/, consulté en janvier 2010.

un strip est édité ; il listera l'ensemble des éléments qui seront pertinents (tels qu'estimés par le contrôleur du centre précédent) pour la réalisation des tâches de gestion des contrôleurs (point de départ, point d'arrivée, altitude et heures estimées de passage aux différents points de report). Les strips gérés par un secteur de contrôle sont ensuite placés et organisés dans un « tableau de strips » selon un classement spécifique à chaque contrôleur (soit par altitude, soit par conflit, etc.). Cette méthode leur permet de disposer d'une « image » du trafic en train d'évoluer, indépendamment de toute visualisation sur un écran radar, et d'anticiper les situations à venir. A chaque point de report, les pilotes doivent contacter par radiotéléphonie le contrôleur en charge de l'espace aérien traversé. A l'aide d'un stylo, les contrôleurs annotent ainsi le strip au fur et à mesure de la progression de l'aéronef, ce qui leur permet de suivre et de garder en mémoire les éléments du vol évolutif qu'ils ont initiés, approuvés ou constatés. En fonction des éléments recueillis, le contrôleur applique des normes de séparation et donne des autorisations de contrôle (*clearances*) aux différents pilotes quant à la poursuite de leur vol. Le contrôleur se mettra alors en contact radiotéléphonique avec le pilote afin de lui transmettre les autorisations de vol. Pour chaque vol, le contrôleur doit se mettre en relation (téléphonique) avec le contrôleur du centre précédent et le contrôleur du centre suivant afin de coordonner les transferts d'avion. Lorsqu'un aéronef change de secteur, il change également de fréquence radio. Cette méthode de contrôle « aux procédures » est utilisée dans toutes les régions du globe où le trafic n'est pas dense et où il n'est pas nécessaire de disposer d'instruments de visualisation (tel que le radar).

Le contrôle « radar » : nous avons vu un peu plus tôt, que le radar est apparu dans le domaine de l'aviation civile dès la fin de la seconde guerre mondiale. Progressivement, cet outil de détection des aéronefs s'est intégré au contrôle aux procédures. Initialement, l'écran radar était installé à côté du contrôleur et servait de support en cas de doute. Avec l'augmentation du trafic les positions de contrôle furent administrées par des équipes de deux contrôleurs : un contrôleur « aux procédures » et un contrôleur « radar ». Ce dernier avait pour mission d'assister et/ou de récupérer la gestion d'une partie du trafic lorsque la situation devenait difficile (changements de niveaux). La séparation des aéronefs s'effectuait alors sous contrôle radar. Une fois la situation réglée, la responsabilité de l'aéronef était rendue au contrôleur aux procédures. Petit à petit, pour suivre l'augmentation de trafic, il a été nécessaire que la quasi-totalité des aéronefs soit sous contrôle radar, entraînant une nouvelle répartition du travail. Le contrôleur « organique », ancien contrôleur aux procédures, est chargé de négocier les conditions d'entrées et de sorties (altitude, cap, etc.) avec les centres

précédents et/ou suivants. Il doit également anticiper et démêler les situations de conflits que le contrôleur radar aura à prendre en charge, et renseigne les strips correspondants. Le contrôleur « radar » est chargé de la coordination du trafic à l'intérieur du secteur. Sa tâche consiste à surveiller et à séparer les aéronefs en respectant les normes de séparations réglementaires. Il fournit ainsi aux pilotes, via la radiotéléphonie, les caps à suivre et manœuvres à effectuer. Dans un secteur, les contrôleurs gèrent environ entre 15 et 20 avions. Le niveau de sécurité est réputé atteint dès lors que les normes de séparation entre aéronefs (ou entre aéronefs et relief) sont respectées. Ces normes, édictées par l'OACI et déclinées nationalement suivant les législations respectives, se définissent en temps ou en distance, tant dans le plan vertical qu'horizontal (longitudinalement ou latéralement). Certains contrôleurs parlent d'une « bulle de protection réglementaire autour de chaque aéronef ». Un système couplé au radar et appelé filet de sauvegarde peut (fonction des systèmes au sol et embarqués) signaler aux contrôleurs les situations critiques dans lesquelles les normes de séparation auraient été transgressées.

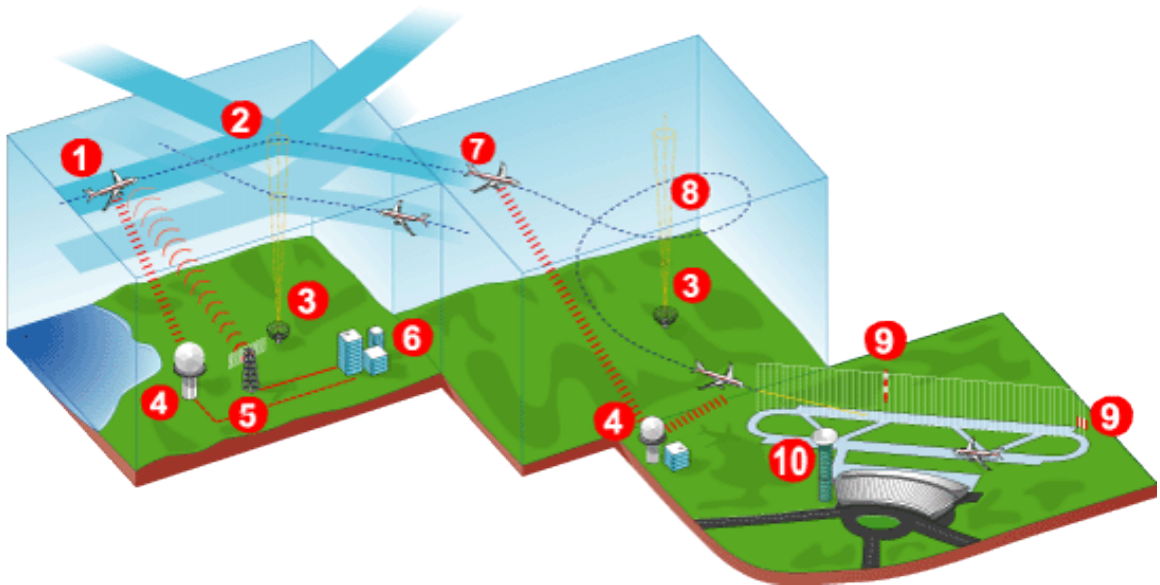
2.3. Différents types de contrôle

Nous avons vu au début de ce chapitre, qu'avec la création des centres de contrôle régionaux, une répartition géographique du contrôle a été opérée. Aujourd'hui, il existe trois formes de contrôle selon la zone et la phase de vol des aéronefs. Il s'agit du contrôle « d'aérodrome », du contrôle « d'approche », du contrôle « en route ». Nous parlerons également du contrôle « océanique ».

Le contrôle « en route » (représenté sur la partie gauche de la Figure 4, p.36) : les contrôleurs dits « en route », gèrent les avions qui circulent le long des voies aériennes (en espace inférieur ou supérieur), c'est-à-dire durant les phases de croisière. Les contrôleurs en charge de ce trafic opèrent depuis les centres régionaux de la navigation aérienne (en France les CRNA sont au nombre de cinq) situés, pour la plupart, en dehors des zones aéroportuaires.

Le contrôle « d'approche » (représenté sur la partie centrale de la Figure 4, p.36) : aux abords des aéroports, où le trafic est beaucoup plus dense, le contrôle des aéronefs s'effectue par des contrôleurs dits « d'approche » depuis la tour de contrôle. Afin de faciliter les phases finales d'atterrissage ou les phases initiales de décollage, ces contrôleurs gèrent les aéronefs qui circulent dans les régions de contrôle dites « terminales » (TMA : *Terminal Manoeuvring Area* ou TCA : *Terminal Control Area*). Ces régions regroupent toutes les grandes zones aéroportuaires qui se situent au dessus de celles gérées par le contrôleur d'aéroport

(c'est-à-dire à environ de 30 à 45 miles nautiques, soit de 50 à 80 kilomètres). Sa mission consiste à ordonner le trafic de façon à optimiser au maximum les capacités des pistes. La séparation entre les aéronefs doit être très précise et doit tenir compte de plusieurs paramètres tels que les turbulences provoquées par les réacteurs des avions précédents, les différentes vitesses d'atterrissage des aéronefs, etc..



- | | |
|---|---|
| (1) avion entrant dans un secteur de contrôle | (6) centre en route de la navigation aérienne |
| (2) couloir aérien | (7) avion entrant dans un secteur d'approche |
| (3) balise radio | (8) circuit d'attente |
| (4) radar mono-impulsion | (9) balises pour l'atterrissage aux instruments |
| (5) émetteur-récepteur radio | (10) tour de contrôle et radar de contrôle au sol |

Figure 4 : Représentation schématique des trois catégories de contrôle lors des phases finales d'un aéronef³¹

Le contrôle « d'aérodrome » (représenté sur la partie droite de la Figure 4) : les contrôleurs d'aérodrome (ou d'aéroport) gèrent la circulation des aéronefs sur les tarmacs. Installés dans la tour de contrôle, ils s'assurent, soit en regardant à l'extérieur quand la visibilité le permet, soit depuis leur écran radar, que les atterrissages et les décollages ainsi que la circulation des aéronefs au sol s'effectuent selon les conditions de sécurité définies.

Le contrôle « océanique » : dans les zones océaniques où les moyens de visualisation des aéronefs sont limités et où les transmissions radiotéléphoniques HF sont aléatoires, le découpage géographique est spécifique et les méthodes de contrôle peuvent être différentes.

³¹ Extrait du site de la DGAC : www.developpement-durable.gouv.fr/Contrôle-aerien,10109.html, consulté en janvier 2010.

Il est à noter que ces espaces, n'appartenant à aucun pays, vont être contrôlés par certains pays limitrophes. Dans ces espaces, les pilotes ont tous pour consigne de suivre des « routes de temps minimum ». La circulation des aéronefs s'effectue alors sur des « rails » parallèles à cette route.

2.4. Les communications sol-bord et sol-sol

Comme évoqué dans les parties précédentes, les communications entre pilotes et contrôleurs aériens sont essentielles pour mener à bien la tâche de gestion du trafic aérien (d'autant plus lorsque les pilotes volent « aux instruments » et ne disposent donc d'aucun repère extérieur pour se situer dans l'espace aérien). Les échanges qui s'effectuent entre pilotes et contrôleurs sont connus dans le milieu sous l'appellation « communications sol-bord » ; ces échanges sont effectués soit à l'initiative des pilotes lorsque ces derniers pénètrent dans un nouveau secteur de contrôle, soit à l'initiative des contrôleurs lorsqu'ils doivent donner des autorisations de vol ou des informations aux pilotes. Comme évoqué plus tôt, historiquement, les liaisons air-sol s'effectuaient par radiotélégraphie, en morse, sur la base d'un code Q. Celui-ci avait été instauré afin de pallier les difficultés de langues ; défini au niveau international, il avait l'avantage d'être identifiable par tous les acteurs du milieu aéronautique. Après la seconde guerre mondiale, la radiotéléphonie remplaça la radiotélégraphie, notamment en raison de la rigidité et de la lenteur de ce moyen de transmission relativement à l'augmentation du trafic. Aujourd'hui encore utilisée comme moyen premier de transmission des messages entre le sol et le bord, la radiotéléphonie est un outil relativement fiable et performant pour la transmission des messages de la circulation aérienne (dits messages ATC : *Air Traffic Control*). Cependant, du fait de la « fragilité » du signal radiotéléphonique (parasites, grésillements, etc.), des consignes spécifiques d'utilisation ont été définies. Les échanges de messages qui s'effectuent via la radiotéléphonie ne sont ainsi pas émis de façon aléatoire, ils doivent se conformer à un certain nombre de procédures d'énonciation, de consignes règlementaires afin de rendre optimale la transmission des messages.

2.4.1. La pratique de la radiotéléphonie

En zone continentale, la radiotéléphonie utilise des ondes très hautes fréquences (VHF : *Very High Frequency*)³² de bonne qualité mais à propagation visuelle restreinte (portée en

³² Une fréquence VHF est allouée aux transmissions aéronautiques et est répartie entre les aéroports et les centres de contrôle.

ligne droite limitée à cause de la rotondité de la terre) qui nécessitent, comme nous l'avons vu au début de ce chapitre, l'installation de relais hertziens. En zone océanique où une telle installation n'est pas possible, la radiotéléphonie utilise des ondes hautes fréquences (HF : *High Frequency*) qui ont une portée optique beaucoup plus importante mais qui, à cause de leur sensibilité aux perturbations solaires et au brouillage hertzien, sont aléatoires et parasitées.

D'une manière générale, la radiotéléphonie est un canal acoustique qui ne permet qu'un échange mono-interlocuteur, c'est-à-dire qu'une fois que la fréquence est occupée par une personne, aucun autre échange ne peut avoir lieu sur cette fréquence. En cas de tentative d'utilisation de la fréquence par deux personnes, un bruit aigu parasite les messages transmis ; de même si un microphone reste branché en émission, aucune autre personne ne peut utiliser la fréquence. Durant les transmissions, certains grésillements, sifflements peuvent également perturber la transmission des messages. Comme le souligne Jeremy Mell (1992), « le canal nécessite ainsi une grande discipline de la part de ses utilisateurs notamment dans la clarté de l'énonciation aussi bien que dans le choix du moment d'intervention afin d'éviter de perturber des conversations en cours, ou d'interrompre un tour de parole » (p.67).

2.4.2. La phraséologie aéronautique

Tout comme pour la radiotélégraphie, l'utilisation de la radiotéléphonie nécessitait l'élaboration d'un code, d'un langage particulier à même de pallier à la fois les difficultés de langue et les distorsions provoquées par le canal de transmission. En 1953, L'OACI proposait à titre transitoire une phraséologie aéronautique en langue anglaise entre pilotes et contrôleurs en attendant l'élaboration d'une langue aéronautique (à ce jour aucun texte n'est venu abroger ces mesures transitoires). La phraséologie anglaise est le langage officiel utilisé lors des transmissions des messages entre pilotes et contrôleurs au niveau international. Elle a cependant également été édictée dans les quatre langues les plus parlées du 20ème siècle (décision géopolitique, conséquence des accords de Yalta), à savoir respectivement l'anglais, le français, l'espagnol et le russe). Ces protocoles d'échange s'inscrivent dans les « normes et pratiques recommandées » établies par l'OACI ; en ce sens ils n'ont que valeur de recommandation mais s'imposent en tant que convention internationale aux membres signataires³³ qui doivent notifier tout écart de procédure (modification d'une procédure afin

³³ Néanmoins, en cas d'inapplicabilité, par exemple, pour des raisons de particularisme linguistique (possibilité de confusion) ou de technique, les Etats ont pour seule obligation de notifier et d'explicitier

de répondre aux spécificités locales). En France, très peu de modifications ont été apportées à la phraséologie OACI ; les quelques spécificités nationales sont répertoriées dans *l'arrêté du 27 juin 2000 modifié relatif aux procédures de radiotéléphonie à l'usage de la circulation aérienne générale* (DGAC, 2006). Est notamment précisé, concernant les langues officielles utilisables, que dans les espaces aériens exploités par l'administration française, lorsque que les deux interlocuteurs sont de nationalité française, l'utilisation de la langue française est autorisée. Lorsqu'au moins un des deux interlocuteurs (généralement, le pilote) n'est pas francophone, les deux interlocuteurs doivent s'exprimer en langue anglaise. Pour cela, il est exigé que pilotes et contrôleurs apprennent et maintiennent un niveau de connaissance de la langue anglaise ; ce niveau est fixé à quatre sur une échelle de six (le niveau 6 étant le bilinguisme). Par ailleurs, il est également précisé que « dans des situations où la sécurité peut être compromise, une langue autre que le français et l'anglais peut être utilisée si cette langue permet des communications plus sûres et plus efficaces entre un contrôleur et un pilote » (DGAC, 2006, p.13).

Le langage phraséologique, propre au domaine de l'aéronautique, est une forme langagière spécifique qui s'est construite progressivement dans le but de corriger les mots, les expressions qui prêtaient à confusion et/ou ne permettaient pas d'être clairement identifiés par les deux interlocuteurs. Il est issu des enseignements tirés des différentes situations (accidents, incidents, situations d'incompréhensions) qui se sont produites au cours de l'histoire de l'aviation. Comme nous l'avons évoqué dans l'introduction, l'accident qui s'est produit à l'aéroport de Tenerife en 1977 en est un des exemples les plus marquants et représentatifs d'une situation d'incompréhension.

Le langage phraséologique est défini par Jeremy Mell (1992) comme un « langage opératif » dans la mesure où il est spécifique au domaine aéronautique et aux tâches qui doivent être menées par les pilotes et les contrôleurs. C'est un langage dont le vocabulaire est restreint et dont la syntaxe elliptique est peu variée (*ibid.*). Une codification du langage a également été opérée en visant principalement ce qui pouvait améliorer la réception auditive

par publication internationale les différences entre leur réglementation nationale et les « doc » de l'OACI. Ainsi la France décline-t-elle ces recommandations (de radiotéléphonie) au travers d'un « arrêté relatif aux procédures de radiotéléphonie à l'usage de la circulation aérienne générale » du 27 juin 2000 paru au Journal officiel du 26 juillet. La décision a été prise de publier ces procédures au travers d'annexes et d'un manuel de phraséologie et non pas directement via l'arrêté car « il est évidemment impossible de donner des exemples portant sur toutes les situations concevables. La phraséologie utilisée devra cependant toujours garder le même caractère de concision, de clarté et ne générer aucune ambiguïté ou incompréhension » (manuel de la phraséologie, 2000, p.3).

des mots lors des transmissions radiotéléphoniques ; le principe étant d'utiliser des systèmes de prononciation censés éviter une mauvaise réception, une mauvaise audition des messages et une confusion entre des mots de sens ou de prononciation proches. Le langage phraséologique tente ainsi de concevoir des « séries », « notes » et « schémas » à même d'améliorer la réception et l'audition ainsi que de limiter les incompréhensions dans les situations les plus courantes: « les séries (mots) sont ce qu'on perçoit d'abord ; les notes (sons) sont ce qui constitue les séries ; les schémas (syntaxe) sont le moyen de rendre cohérentes les séries afin de leur donner un sens » (Hall, 1984, p.123). Des clés de lecture et d'écriture ont ainsi été définies et sont présentées dans le « manuel de formation à la phraséologie à l'usage de la circulation aérienne générale ». Lorsque, dans certaines situations, l'utilisation de cette phraséologie n'est pas possible, les interlocuteurs peuvent avoir recours à un registre plus proche du langage naturel (Mell, 1992) mais cela tout en conservant le même caractère de concision et de clarté (Manuel de la phraséologie, 2000).

En citant les travaux de Dennis Philps (1992)³⁴, Stéphanie Lopez (2008)³⁵ liste les éléments essentiels de cette phraséologie ; ils se déclinent comme suit:

- « l'ordre de priorité des catégories de messages ;
- le code d'épellation des chiffres et des lettres ;
- la composition des indicatifs d'appel des stations au sol et des aéronefs ;
- la composition des messages, à savoir la structure « appel » suivi de « texte », les règles concernant l'appel, l'accusé de réception, les corrections, les répétitions et les fins de communications ;
- les mesures à prendre concernant les communications en cas de détresse ou d'urgence ;
- les expressions conventionnelles ;
- la phraséologie proprement dite, c'est-à-dire un ensemble de messages squelettiques devant être employés par contrôleurs et pilotes lors de leurs échanges sur la fréquence » (Lopez, 2008, p.22).

³⁴ Philps Dennis, (1992), *L'anglais dans le ciel des Antilles-Guyanes: phraséologie et sécurité linguistique*, L'Harmattan : Presses universitaires créoles, Paris, France.

³⁵ Stéphanie Lopez est doctorante à l'université de Toulouse-Le-Mirail en linguistique. Elle est financée par l'ENAC pour mener, dans le cadre de sa thèse, des recherches sur les normes et usages langagiers dans les communications pilotes-contrôleurs.

Afin de mieux appréhender la façon dont s'effectue la structuration du langage phraséologique, nous proposons, en prenant appui sur les travaux de Jeremy Mell (1992), les textes de la DGAC (2006) ainsi que le manuel de la phraséologie (2000), de donner quelques exemples principaux dont (1) les consignes relatives à l'élocution des messages ; (2) la structure des phrases ; (3) les codes d'épellation des chiffres et des lettres ; (4) les consignes relatives au contenu des messages ; (5) les expressions conventionnelles ; (6) le collationnement. Ces précisions nous permettent de saisir le caractère hautement procéduralisé de la façon dont doivent être exécutés les échanges entre pilotes et contrôleurs aériens.

(1) les consignes relatives à l'élocution des messages

Pour tout message transmis, les règles générales d'élocution de celui-ci préconisent de :

- « prononcer chaque mot clairement et distinctement ;
- maintenir une cadence régulière ne dépassant pas 100 mots à la minute (réduire cette cadence si le message doit être consigné par écrit) ;
- maintenir le ton de parole à un niveau constant » (DGAC, 1984 cité dans Mell, 1992, p.71).

(2) la structure des phrases

Suivant la règle générale de précision, de clarté et de concision des messages, la structure des phrases se présente sous forme de « phrases squelettes » (Mell, 1992). Ainsi, en anglais les prépositions sont presque systématiquement supprimées. Par exemple, la préposition « *to* » qui précise le sens de l'action dans le langage courant a été supprimé afin d'éviter la confusion avec le chiffre « *two* ». Le message « *descend to 200 feet* » (« *descend to two tow zero zero feet* » signifie t-il descendre à 2200 pieds ou à 200 pieds ?) se dira alors « *descend 200 feet* ». De même, que signifierait, en français, la préposition « de » introduisant le complément (de durée, de progression, ou de mesure). Dans l'exemple « descendez de mille pieds », le pilote doit-il descendre à 2000 pieds ou à un niveau 1000 pieds plus bas ?

Comme le souligne Jeremy Mell, la structure syntaxique des phrases utilise, notamment, la tournure impérative. Lorsque, par exemple, les contrôleurs donnent une *clearance* aux pilotes, celle-ci se structure comme suit : « *descendez niveau ...* ». De même lorsque le pilote

s'adresse au contrôleur pour demander une autorisation, la phrase se structure comme suit :
« *demandons autorisation...* ».

(3) les codes d'épellation des chiffres et des lettres

La transmission de chiffres ou de lettres pouvant être mal perçue sur la fréquence (par exemple une ville ou l'indicatif d'un aéronef), des systèmes de prononciation ont été définis, de façon à ce qu'ils puissent être décodés par l'interlocuteur quelles que soient son origine, sa nationalité, ou sa langue maternelle.

Concernant les chiffres, ceux-ci peuvent être prononcés comme on les énonce dans le langage courant à condition que la lisibilité des transmissions soit satisfaisante. Dans le cas contraire, la règle générale stipule qu'« un nombre est transmis par énonciation de chacun des chiffres qui le composent » (DGAC, 2006, p.26).

Exemple 1 :

10	Unité zéro / <i>one zero</i>	125	Unité deux cinq / <i>one two five</i>
57	Cinq sept / <i>five seven</i>	1230	Unité deux trois zéro / <i>one two three zero</i>

Exemple 2 : lors de la transmission d'une fréquence HF, en langue française, devront être énoncés les deux premiers chiffres et le nombre formé par les chiffres restants, sans que soit prononcé à la fin le mot kilohertz. Par exemple, la fréquence « 5643 khz » devra être énoncée « cinq, six, quarante-trois ». En langue anglaise, chaque chiffre doit être énoncé séparément. Pour cette même fréquence, il sera alors prononcé « *five six four three* ». Dans le cas de la transmission d'une fréquence VHF, la règle stipule que doit être énoncé le nombre formé par les trois premiers chiffres, puis par le mot « décimal », puis par le nombre formé par les trois derniers chiffres, sans prononcer le mot « mégahertz ». Par exemple, pour la fréquence 134.055, il devra être énoncé « cent trente-quatre décimale zéro cinquante-cinq ». En langue anglaise, la règle est la même que pour les fréquences HF, à savoir que tous les chiffres doivent être énoncés séparément.

Concernant les lettres, un alphabet phonétique a également été défini, il s'agit de l'alphabet dit « zoulou »³⁶ : il trouve son utilité dans l'épellation d'un mot (par exemple le nom d'une balise radioélectrique). Chaque lettre est ainsi définie par un mot et les mots représentant les lettres ont une prononciation internationale unique. Ainsi, si l'indicatif d'un aéronef est MKFLO, celui-ci sera énoncé *Mike Kilo Fox-trot Lima Oscar* ; de même si l'aide radio est BLM, elle devra être prononcée *Bravo Lima Mike*. Le manuel de phraséologie précise néanmoins que lorsqu'un nom en langage clair a été attribué à une aide de radionavigation, c'est celui-ci qui doit être utilisé. Par exemple, l'aide de navigation « MTL » se prononce « *Montélimar* ».

Suivant le même leitmotiv, la prononciation de certains mots courants appartenant à la phraséologie a été modifiée par convention. Ainsi, les sons qui passent mal sur les fréquences (par exemple sifflement) ou qui sont mal perçus dans la cabine de pilotage en raison du niveau sonore qui y règne, ont leur prononciation originelle modifiée afin d'éviter ce genre de distorsion auditives. C'est ainsi que le mot « *three* » en anglais est prononcé « *tree* ». De même, le mot « *nine* », se prononce « *nine* » (on appuie la dernière consonne).

(4) les consignes relatives au contenu des messages

Les différents messages qui peuvent être échangés entre pilotes et contrôleurs sont les suivants ; ils sont classés par ordre de priorité des messages :

- « Messages de détresse (qui doivent toujours être précédés de l'expression « *mayday* »)
- Messages d'urgence (qui doivent toujours être précédés de l'expression « *pan pan* »)
- Messages du contrôle de la circulation aérienne (qui comportent les *clearances*, les comptes rendus de position et comptes rendus en vol. Est précisé le débit à adopter)
- Messages d'information de vol (concernent les informations de vol)
- Messages entre exploitants d'aéronefs et pilotes (concernent les aspects commerciaux du vol » (DGAC, 2006, p.14).

³⁶ « Alpha, Bravo, Charlie, Delta, Echo, Fox-trot, Golf, Hotel, India, Juliet, Kilo, Lima, Mike, November, Oscar, Papa, Quebec, Romeo, Siera, Tango, Uniform, Victor, Wiskey, X-ray, Yankee, Zoulou »

Quelle que soit la nature du message sa structure doit toujours être composée comme suit (DGAC, 2006) :

- l'indicatif d'appel du destinataire du message (dans l'exemple ci-dessous : *Saint-Ex prévol*)
- l'indicatif d'appel d'origine du message (dans l'exemple ci-dessous : *Citron Air 32 45*)
- Le texte du message, qui doit être aussi court que le permet la compréhension du message (dans l'exemple ci-dessous : *demandons paramètres pour le départ*)

Exemple : *Saint-Ex prévol, Citron Air 32 45, demandons paramètres pour le départ.*

Par ailleurs, il est courant de doubler un mot, un son, tout particulièrement lorsqu'une instruction de contrôle est assujettie à une condition. Ainsi, la condition est placée à la fois au début et à la fin de l'instruction de contrôle. Par exemple : « *SAS 941 derrière le DC-9 en courte final, alignez-vous derrière* ».

(5) Les expressions conventionnelles

Dans la transmission des messages entre pilotes et contrôleurs, un mot, et un seul mot, désigne une action, une intention, une instruction, les synonymes pouvant parfois prêter à confusion. Par exemple, lorsqu'un avion quitte la piste et qu'il est sorti des servitudes de pistes (espace de protection de part et d'autre de la piste), le terme à employer est « piste évacuée », les expressions « la piste est libre » ou « on est sorti de piste » pouvant avoir d'autres significations (respectivement « nous ne sommes plus sur la piste, mais encore dans les servitudes de piste » ou « l'avion a dérapé sur la piste, on est sorti de piste »).

Un autre exemple : en langue anglaise, « *that's right* » signifie « c'est correct » mais peut également signifier « droite ». Un accident s'est ainsi déjà produit lorsqu'un pilote demandant une confirmation de sens de virage (par la gauche) s'est entendu répondre « *that's right* » et en a déduit qu'il fallait « prendre par la droite ». De là est venue l'utilisation de « négatif » et « affirmatif » afin d'éviter la confusion. Mais une autre confusion entre ces deux mots est possible lors de mauvaises réceptions du message (sons mal perçus). En effet, lorsque le mot est tronqué ou mal perçu (du fait des grésillements de la radio) on peut ne percevoir que « ...tif » : s'agit-il alors d'affirmatif ou de négatif ? L'affirmation et la négation se sont alors traduit en phraséologie par les mots « affirme » et « négatif ».

(6) le collationnement

La question d'une « bonne » transmission des messages ne s'arrête pas à la formulation et à la certitude que le locuteur a correctement émis son message et que l'auditeur l'a correctement reçu. En effet, ce qui a été bien dit n'a pas forcément été bien perçu ou traduit ou interprété, et ce qui a été entendu ne correspond pas forcément au sens de ce qui a été dit. Le contrôleur doit avoir la certitude que ses instructions sont exécutées et le sont correctement. La nécessité de croiser les informations s'est alors imposée : pour cela chacun doit avoir le souci du feed-back afin de vérifier si l'émetteur a bien été compris du récepteur ; cela se nomme le « collationnement ». Pour le pilote, par exemple, le collationnement consiste à répéter tout ou partie du message afin que le contrôleur à l'origine de ce message vérifie qu'il a été correctement reçu. Les éléments qui doivent être répétés par le pilote lors du collationnement sont définis et réglementés (exemple : la fréquence, le niveau, le cap, la vitesse, etc.). De plus, chaque collationnement effectué par le pilote doit contenir en fin de message l'indicatif de son aéronef (le contrôleur lors de la clearance ayant mentionné l'indicatif de l'aéronef en début de message). Par exemple :

- Contrôleur : « *Citron Air 32 45, descendez niveau 9 0* »
- Pilote : « *descendons niveau 9 0, Citron Air 32 45* »

Les éléments du dialogue sont ainsi encadrés par l'indicatif de l'aéronef en début et en fin de dialogue et chacun sait ainsi à quel moment le dialogue est clos.

Aujourd'hui, aux dires des instances de gestion du contrôle aérien, « l'utilisation systématique d'une phraséologie de référence dans les situations les plus courantes développe des automatismes garants d'une bonne compréhension des messages radiotéléphoniques et, par la suite, d'une gestion plus sûre des aéronefs en vol comme au sol » (manuel de la phraséologie, 2000, p.3).

Au sol, pour assurer les coordinations d'un secteur à l'autre (soit à l'intérieur d'un même centre, soit entre des centres différents), les contrôleurs se contactent par téléphone. Lorsque les transferts d'aéronefs sont effectués entre des centres de pays différents, la langue utilisée sera fonction des accords bilatéraux régionaux ou internationaux. L'anglais sera néanmoins la langue la plus souvent utilisée.

2.5. Archétype de la « vie d'un vol »

Afin de mieux appréhender la façon dont s'effectue la mise en relation entre pilotes et contrôleurs ainsi que les différentes phases de vol, nous proposons ici de procéder à la chronologie d'un vol type tel que prescrit par la réglementation. En nous appuyant sur le schéma ci-dessous, nous expliquerons comment se déroule « la vie d'un vol » du dépôt du plan de vol à l'atterrissage. Précisons que :

- toutes les communications sol-bord s'effectuent par radio et les communications sol-sol s'effectuent par téléphone.
- pour les phases de coordination d'un secteur à l'autre, c'est toujours le pilote qui contacte le secteur suivant sur instruction du secteur précédent.

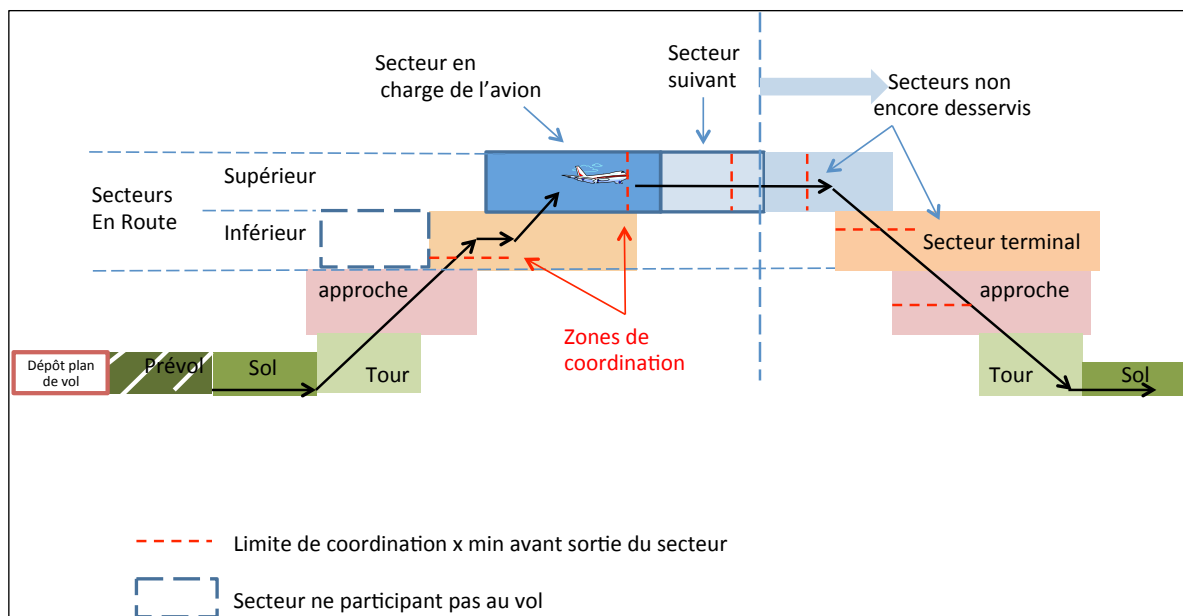


Figure 5 : Archétype de la « vie d'un vol »

❖ 1ère étape : le dépôt du plan de vol

En amont d'un vol, un plan de vol doit être déposé par le pilote (ou la compagnie aérienne) auprès des services de la circulation aérienne. Ce plan de vol contient les renseignements sur les caractéristiques de l'appareil (type d'aéronef, catégorie de turbulence de sillage, équipement et type de transpondeur à bord, etc.), l'identité de l'aéronef et le type de vol (numéro d'immatriculation, vol IFR, VFR), le nombre de passagers à bord et la trajectoire prévue (aéroports de départ et d'arrivée, heures de départ et d'arrivée, durée estimée du vol, vitesse et altitude, route). Le plan de vol décrit ainsi, en amont du vol, la façon dont celui-ci est censé se dérouler. Si aucune interdiction n'est formulée par les services de

contrôle, le plan de vol est considéré comme accepté. Dès lors il y a un contrat tacite qui est passé entre les services de la circulation aérienne et l'utilisateur (pilote privé ou compagnie aérienne) relativement aux services de la circulation aérienne qui devront être rendus.

❖ 2^{ème} étape : la phase d'activation du vol

La phase d'activation du plan de vol s'effectue par le « contrôle d'aéroport ». Une subdivision des tâches au sein du contrôle d'aéroport est effectuée entre : le « prévol », le « sol » et le « local » :

- le « prévol » : le pilote contacte le contrôleur chargé du prévol afin de vérifier les paramètres pour le départ (piste, visibilité, etc.) et de s'assurer que le plan de vol est en état de validité et qu'aucune restriction n'a été formulée (CFMU, par exemple). Le contrôleur « prévol » active alors le plan de vol qui sera ensuite transmis de proche en proche aux différents centres qui auront à prendre en charge l'aéronef (via le strip). Le contrôleur « prévol » délivre au pilote sa clearance de départ (route et niveau autorisés) en coordination avec le contrôleur « approche » ou sur la base de la SID (*Standard Instrument Departure*) et du niveau associé et qui correspond à la *clearance* d'approche définie selon le parcours standard dans un dispositif coordonné de la circulation aérienne (par exemple, ségrégation entre les trajectoires de départs et les trajectoires d'arrivées). Le contrôleur donne ensuite l'autorisation de mise en route et transfère l'avion au contrôleur « sol ».
- Le « sol » : le pilote contacte le contrôleur « sol » afin de demander l'autorisation de repoussage de l'avion et les modalités de circulation au sol pour rejoindre la piste. Le contrôleur « sol » est ainsi chargé de coordonner l'ensemble des mouvements au sol (hormis sur la piste, tâche qui est confiée au contrôleur « local »).
- Le « local » : le contrôleur « local » est responsable de la gestion de la piste, c'est lui qui donnera l'autorisation ou non au pilote de pénétrer sur la piste. Une fois aligné sur la piste, le pilote contacte le contrôleur « local » afin de demander l'autorisation de décollage conformément à la *clearance* de montée qu'il a reçue au « prévol ».

❖ 3^{ème} étape : la phase de montée

Pendant la montée, le pilote contacte le contrôleur d'approche afin de prendre les instructions de montée. Le contrôleur d'approche est chargé de coordonner le trafic entre les arrivées et les départs dans « l'entonnoir » qui converge vers la piste ou qui diverge depuis la

piste. Il est également chargé de coordonner le trafic avec le secteur « en route » afin de pouvoir délivrer au pilote la *clearance* complémentaire nécessaire à la poursuite de son vol (là aussi, des dispositifs de *clearances* systématiques et prédéfinies peuvent être définis en fonction du dispositif de circulation aérienne mis en place)

❖ 4^{ème} étape : la phase de croisière

Le contrôleur d'approche transfère ensuite l'avion au secteur « terminal », qui va gérer le « haut de l'entonnoir » où les avions prennent de la vitesse ; sorte d'interface entre la phase de montée et la phase de croisière. Le secteur terminal (qui se situe au dessus d'un aéroport à fort trafic) va gérer le trafic qui arrive de l'espace « supérieur » et qui est en train de descendre, et le trafic qui se situe plus bas et qui n'est pas encore en évolution vers l'espace supérieur.

Ensuite, l'avion sera transféré au secteur « en route » pour sa phase de croisière. Durant cette phase de croisière, le pilote peut traverser plusieurs secteurs de contrôle. A chaque changement de secteur, le pilote devra se coordonner avec le secteur suivant via la radiotéléphonie. Au sol, la coordination d'un vol d'un secteur à l'autre entraîne le transfert du strip du secteur précédent au secteur suivant. Les contrôleurs se téléphonent pour assurer la coordination. Cette coordination est nécessaire entre deux centres puisqu'un nouvel avion va entrer dans un secteur qui a lui même une organisation bien précise de son espace. Durant cette phase de croisière, le pilote devra effectuer des reports de positions, c'est-à-dire qu'à chaque point de passage défini (dans le plan de vol), il devra transmettre au contrôleur un certain nombre d'informations relatives à la tenue du vol (niveau, vitesse, heure de passage au prochain point, etc.).

❖ 5^{ème} étape : phase de descente et d'atterrissage

Durant la phase de descente, le pilote devra effectuer les mêmes actions que celles effectuées pour sa phase de montée mais en sens inverse, à savoir, se coordonner avec le secteur « terminal » puis le secteur « approche » puis le secteur « aéroport » (qui comprend donc les différentes phases de mise en relation avec les contrôleurs « local », « sol » et « prévol », qui met fin au plan de vol).

Ces différentes phases sont notamment rendues possible par la radiotéléphonie qui permet les échanges de messages entre les pilotes et les contrôleurs ainsi que par le radar qui permet au contrôleur de situer l'avion dans l'espace aérien et de l'insérer dans la gestion

globale du secteur. Lorsque les avions sont hors de portée du radar, le calcul de la trajectoire de l'avion se fait par extrapolation entre les données contenues dans le plan de vol et les reports de position.

En détaillant plus avant la façon dont se déroule « la vie d'un vol », nous avons pu constater qu'un découpage rigoureux des tâches et des responsabilités associées est ainsi formellement défini. Chaque mouvement d'aéronef est réglementé et correspond à une coordination minutieuse entre les différents contrôleurs en charge de l'aéronef et les pilotes concernés. Les activités de communication des pilotes et des contrôleurs font elles aussi l'objet d'une formalisation qui se traduit par l'utilisation d'un langage phraséologique.

2.6. Evolution des artefacts et systèmes sol-bord

Nous venons de voir qu'actuellement, les échanges sol-bord s'effectuent via des radiocommunications et que les positions des aéronefs sont détectées par des radars implantés au sol. Pour suivre l'augmentation de trafic tout en répondant aux exigences de sécurité définies réglementairement, une nouvelle génération d'outils de transmission des données est en cours d'implémentation à l'échelle mondiale. L'avènement du satellite offre de nombreuses possibilités en matière de transmission des données. Des projets de part et d'autre du globe sont actuellement à l'étude et convergent tous vers la mise en œuvre d'un système technique qui se veut uniforme à l'échelle mondiale.

En Europe, dans le cadre du « ciel unique européen », ces évolutions technologiques s'articulent autour du programme CNS/ATM (« *Communication, Navigation, Surveillance for Air Traffic Management* ») pour le développement du système Eurocat (pour l'Europe).

- « Communication » : dans le cadre de la transmission des messages de la circulation aérienne, l'idée consiste à remplacer tout ou partie des transmissions radiotéléphoniques actuellement utilisées pour les échanges entre pilotes et contrôleurs par des échanges informatiques de données (Data Link) pour les instructions de contrôle : il s'agit de l'application CPDLC (*Controller/Pilot Data Link Communication*).
- « Navigation » : au niveau des moyens de navigation, nous avons évoqué plus haut qu'un système GNSS de navigation par satellite permet désormais aux pilotes non plus de se repérer via des infrastructures au sol (radiobalises – qui ne sont pas implantées sur tout le globe) mais via les coordonnées transmises par satellite.

- « Surveillance » : nous avons vu qu'un des enjeux pour assurer le contrôle des aéronefs est de pouvoir identifier ces aéronefs et de les positionner dans l'espace aérien de façon suffisamment précise pour pouvoir anticiper et organiser leurs séparations. Or dans certaines régions, la détection des aéronefs n'est pas possible et la localisation de l'aéronef se fait uniquement au travers des reports de positions transmis par les pilotes. L'idée consiste alors à utiliser les transmissions satellitaires pour repérer l'avion dans l'espace. Pour cela, les avions doivent être équipés de l'avionique FANS (*Futur Air Navigation System*) qui dispose d'une application ADS (*Automatic Dependence Surveillance*) qui permet, sans intervention du pilote, l'envoi au contrôleur d'un certain nombre de données relatives à la position des aéronefs.

Actuellement, le déploiement de ces nouveaux systèmes techniques est en cours au niveau européen, seul le centre de Maastricht est équipé du système Eurocat. Des systèmes similaires ont déjà été déployés en Australie, aux Fidji, dans le pacifique (où nous avons effectué la plus grande partie de notre recherche de terrain) ainsi que dans certaines zones de l'Afrique, en Indonésie et au nord des Maldives. Des installations de ce système sont prévues en Europe de l'est (Caucase du nord, Azerbaïdjan, Géorgie), en Afrique du nord, et en France (d'ici 2015).

La mise en œuvre de ces nouveaux systèmes techniques (nommés de manière générale système AGDL : *Air Ground Data Link*) est une étape supplémentaire dans le processus d'automatisation du contrôle aérien. Il concerne plus spécifiquement les activités de production d'information et de communication dans la relation entre pilotes et contrôleurs ; l'enjeu est d'équiper les activités de contrôle et de pilotage de manière à optimiser et à rendre uniforme la gestion du trafic aérien.

3. Perspectives de recherche

Cette première incursion dans le monde de l'aviation nous a permis de commencer à "déplier" ce qui caractérise ce milieu spécifique. En retraçant les transformations passées et en cours ainsi que la façon dont s'est progressivement construite et équipée la relation de coordination entre pilotes et contrôleurs aériens, nous avons montré que depuis les années 1960, l'activité de la navigation aérienne a connu une évolution quasi-constante qui s'est opérée par un mouvement de convergence et d'intégration entre les évolutions des capacités technologiques des outils informatiques et la nature même de l'activité : démocratisation du

transport aérien, induisant une augmentation du trafic avec des avions plus sophistiqués, plus nombreux et plus rapides dans un contexte socio-économique qui a bouleversé les enjeux et stratégies des compagnies aériennes. Nous avons également montré que ce domaine s'est très rapidement équipé d'un ensemble de règles, de normes, de procédures, afin d'organiser, de régler, de planifier le ballet des avions de façon efficace et sûre. Pour orchestrer ces déplacements (de plus en plus nombreux), assurer leur sécurité et leur cohérence, des techniques de pointe des plus élaborées ont été mise en œuvre (systèmes de visualisation, de communication, de calcul des trajectoires, etc.). Ces systèmes de règles et ces systèmes techniques se sont développés de manière à tendre vers toujours plus de sécurité, d'efficacité et de maîtrise dans la façon dont doivent être menées les activités de contrôle et de pilotage ; dont notamment, en ce qui nous concerne, les activités de production d'information et de communication. En effet, aujourd'hui plus que jamais, l'activité de pilotage est étroitement liée à celle des contrôleurs ; leur mise en relation est un des maillons centraux du système. L'enjeu consiste à fournir les éléments constitutifs pour la réalisation d'un vol « parfait » ; éléments qui permettraient d'avoir prise sur la réalité souhaitée pour le déroulement des vols et de faire diminuer le caractère imprévisible de cette activité. Est ainsi défini un cadre formel dans lequel la coordination entre pilote et contrôleur est régie et où est établie une forme de rationalisation des activités de production d'information et de communication qui visent à réduire l'imprévisibilité inhérente à cette activité en imposant des façons de faire et de communiquer.

Les projets d'automatisation et d'informatisation qui se sont progressivement succédés postulent qu'il doit être possible de produire des plans régulièrement actualisés, rendant l'action conforme. Avec le recours aux satellites, ces projets tendent à se généraliser et à inclure une informatisation des activités de production d'information et de communication. Désormais, pilotes et contrôleurs pourront échanger sur la base de messages préformatés avec des pilotes (des systèmes techniques ?) qui seront géolocalisés. L'enjeu consiste en une véritable conquête du ciel et en une maîtrise « parfaite » de l'espace aérien « au doigt et à l'œil », pour reprendre l'expression d'Alain Gras et de Sophie Poirot-Delpech (1989) qui nous semble bien traduire cet imaginaire du tout informatisé. L'expression « *Au doigt et à l'œil*, évoque bien entendu le clavier et l'écran qui viennent se nicher dans tous les recoins de notre société, signes de reconnaissance, symboles autant qu'outils indispensables des technologies de pointe. *Au doigt et à l'œil* exprime plus encore l'obéissance totale, immédiate, sans murmures. Obéissance du monde, de la nature à la rationalité enfin toute puissante de

l'homme conquérant ? » (p.9). Les systèmes techniques viennent équiper le rêve ancien de la conquête du ciel ; aux yeux des concepteurs et des ingénieurs, les technologies sont la solution pour tendre vers plus de sécurité, plus de fiabilité tout en confortant les enjeux de performance économique.

Nous proposons dans ce travail d'interroger la conception des systèmes d'activités de pilotage et de contrôle et de leurs inter-relations telles que formalisées et équipées, et d'identifier les transformations et questions ouvertes concernant les activités de productions d'information et les situations de communication. Notre questionnement est double : il consiste dans un premier temps à nous interroger sur les modèles d'organisation en lien avec les transformation socio-économiques actuelles, et dans un deuxième temps, à questionner la place et le rôle des technologies de l'information et de la communication dans les pratiques.

Chapitre 2

De la pensée-ingénieur à la pensée organisationnelle : pour une approche communicationnelle des processus organisant

Dans ce chapitre nous proposons de poursuivre plus avant notre incursion dans le domaine aéronautique en nous consacrant tout d'abord au système de pensée et d'action des ingénieurs et concepteurs à l'origine de la mise en œuvre des projets d'informatisation et d'automatisation. En cela, nous entendons accéder à la façon dont sont appréhendées les activités de production d'information et de communication et par là même, mieux comprendre les enjeux associés aux évolutions technologiques actuelles. Dans une première partie nous verrons ainsi en quoi le projet d'informatisation repose sur une vision fonctionnaliste à travers laquelle l'intérêt se porte sur le caractère formel et planifié des échanges, avec une conception instrumentale de la communication. Cette conception tend à dénier le travail de communication comme co-production de sens sur la situation. Dans une deuxième partie, nous nous éloignerons de cette perspective en proposant de considérer les activités de production d'information et de communication comme étant constitutives de l'organisation des vols et du trafic aérien. En cela, nous montrons que les activités de communication remplissent des fonctions essentielles et indispensables du travail réel et de la coopération. Nous portons ensuite notre attention sur la place de la matérialité que nous considérons comme contribuant aux activités de production d'information et de communication ; ce qui nous amènera dans une troisième partie à penser l'agentivité des artefacts. Nous nous intéresserons notamment aux questions liées à l'arrivée d'un système d'information particulier en contexte organisationnel, à savoir, celui des ERP (ou progiciels de gestion intégrée) ; système technique qui nous semble avoir des caractéristiques similaires à celui développé en aéronautique. Pour traiter de la façon dont la technologie travaille l'organisation, nous proposons de présenter trois principales études qui nous semblent pertinentes dans le cadre de notre étude. Enfin, nous exposerons, dans une quatrième et dernière partie, les pourtours de notre objet scientifique.

1. Informatisation et “pensée-ingénieur”

Pour investir le domaine aéronautique et les objets et systèmes techniques qui peuplent et soutiennent les activités professionnelles, il nous semble essentiel de nous instruire sur ce que Gilbert Simondon (1958) nomme la « concrétisation » de la vision du monde qui est inscrite dans ces outils. En effet, comme le souligne cet auteur, les objets techniques ne possèdent pas uniquement un usage et une fonction utile, mais sont emprunts de significations : « ce qui réside dans les machines, c'est de la réalité humaine, du geste humain fixé et cristallisé en structures qui fonctionnent » (1958, p.12). Cette prise de conscience nous amène dès lors à nous interroger sur le modèle de pensée et d'action qui prédomine dans la mise en œuvre des systèmes techniques qui sont déployés dans le domaine aéronautique et qui viennent équiper les activités des pilotes et des contrôleurs.

Depuis la fin des années 1980, le groupe de recherche « aéronautique et société » fondé par Alain Gras, Caroline Moricot, Sophie Poirot-Delpech et Victor Scardigli³⁷, propose d'étudier les systèmes informatiques et l'automatisation du domaine aérien en se focalisant sur les divers acteurs qui interviennent dans la préparation et l'utilisation de ces systèmes. Ils s'interrogent notamment sur la façon dont se passe l'« invention » des caractéristiques techniques des systèmes et, en cela, tentent d'accéder aux modèles de pensée des acteurs de l'informatisation. Parmi les travaux de ce collectif, nous avons retenus trois ouvrages qui nous permettent de mieux appréhender ce qu'ils proposent de nommer la « pensée-ingénieur ». Dans le premier ouvrage, *Face à l'automate : le pilote, le contrôleur et l'ingénieur* (1994), Alain Gras, Caroline Moricot, Sophie Poirot-Delpech et Victor Scardigli proposent de faire le bilan de plusieurs années de recherches en sciences sociales sur le macro-système technique de l'aviation civile. En mettant à contribution la sociologie, l'anthropologie et l'histoire, ils proposent de mener une socio-anthropologie de la technique aéronautique. Dans le deuxième ouvrage, *un anthropologue chez les automates* (2001), Victor Scardigli prend comme fil conducteur un objet technique – celui d'un avion fortement informatisé et automatisé – afin de mettre en évidence la vision du monde qui est portée par ses concepteurs. Enfin, dans le troisième ouvrage, *Mémoires et histoires de l'automatisation du contrôle aérien* (2009), Sophie Poirot-Delpech cherche à retracer l'histoire d'un projet de tout-automatisé dans l'activité des contrôleurs aériens (à savoir, celui du CAUTRA).

³⁷ Ces quatre auteurs sont rattachés au laboratoire CETCOPRA (Centre d'Etude des techniques, des connaissances et des pratiques) de l'université de Paris I Panthéon-Sorbonne.

Ces travaux nous permettent de mieux appréhender le système de pensée et d'action à l'œuvre dans le domaine aérien, de saisir les modes de raisonnements sous-jacents à la mise en automatisation des activités et, de questionner ce que nous identifions comme un processus de rationalisation des activités et plus spécifiquement, en ce qui nous concerne, des activités de production d'information et de communication.

1.1. Retour sur un processus de mathématisation du monde

La mathématisation et la technicisation de la Société occidentale, débutées il y a déjà plusieurs siècles, ont progressivement pris la forme d'une « Société de l'information » (Scardigli, 2001). Loin de considérer ce monde numérique comme un processus inéluctable imposé par l'évolution des techniques, Victor Scardigli, dans son ouvrage *un anthropologue chez les automates*, cherche à comprendre « qui crée la Société de l'information ? ». En faisant le constat que « la numérisation conquiert, de proche en proche, toutes les dimensions de la personne humaine, tous les domaines de la vie en Société, par un recours généralisé aux technologies de l'information et de la communication » (*ibid.*, p.9), Victor Scardigli s'interroge sur le système de pensée et d'action inscrit dans ces technologies. Afin de comprendre ce que font et pensent les concepteurs de la modernité au cours d'un projet d'automatisation, le domaine de l'aviation s'est avéré tout à fait pertinent pour cet auteur – ainsi que pour les autres membres du groupe « aéronautique et société » – dans la mesure où, de part la généralisation progressive des objets et systèmes techniques complexes, il illustre un devenir possible de la Société de l'information. Pour traiter de cette question, il propose d'étudier la conception d'un avion fortement informatisé et automatisé et plus spécifiquement, le système informatique FMS³⁸ (*Flight Management System*) qui est l'automate de gestion de l'ensemble du vol. La mise en fonctionnement de cet automate volant, souvent source de conflit entre ses concepteurs et ses utilisateurs, était pour lui l'occasion d'étudier les tensions caractérisant deux visions de l'activité de pilotage : celle des pilotes et celle des ingénieurs du bureau d'étude chargés de la conception de cet automate. Sans entrer dans le détail de son analyse, nous proposons de prendre appui sur son travail en ce qu'il nous permet de mieux saisir d'où vient et de quoi est constituée la « pensée-ingénieur » qui prédomine dans le

³⁸ Notre choix de traiter de cette étude n'est pas anodin, le système FMS au travers duquel Victor Scardigli propose de saisir la pensée-ingénieur est celui-là même qui permet aujourd'hui la mise en œuvre du système technique AGDL que nous étudions et qui vient s'interconnecter avec le FMS. C'est l'époque où les deux grands avionneurs mondiaux commencent à réaliser le *Futur Air Navigation System* (FANS) dont l'objectif est notamment la mise en œuvre des transmissions par liaisons numériques de données.

domaine aérien, quelle vision de l'activité, de son organisation est mise à l'œuvre. Et quelles sont les tensions qui émergent lorsque cette « pensée-ingénieur » tente de produire un humain sans défaut, placé dans un univers épuré de tout danger et conflit (puisque mathématisé) et ignore, en cela, l'expérience des pilotes dans le temps, l'espace et le risque vécu en situation.

Comme le formule Victor Scardigli, « la formalisation de la Société comporte quatre composantes : mathématisation, technicisation, informatisation proprement dite et automatisation » (2001, p.9). Bien que ces termes soient relativement voisins, cet auteur nous renseigne sur les questionnements anthropologiques qui leurs sont associés. En se référant à Descartes pour qui « la mathématique – ordre et mesure – devait fournir l'instrument universel de compréhension du monde et d'action sur le monde » (*ibid.*), Victor Scardigli montre que ce modèle de pensée a débouché, notamment dans le domaine aérien, sur l'informatisation et l'automatisation. La technicisation, nous dit-il, fait référence à des choix, le cas échéant, entre « l'action d'un être humain ou une solution machinique » (*ibid.*, p.10) ; choix qui traduisent la forme que l'on veut donner à la Société. L'informatisation ou digitalisation ou encore numérisation, « est la forme la plus visible prise à notre époque par la mathématisation associée à la technicisation » (*ibid.*, p.11). Elle renvoie aux différents dispositifs techniques (ordinateurs, systèmes de traitement des données ; de plus en plus mis en réseaux, etc.) ; lesquels « postulent que tout le réel est transformable en “informations” quantifiables » (*ibid.*). Enfin, l'automatisation, nous dit Victor Scardigli, « cumule les trois aspects précédents, mais en y ajoutant une dimension supplémentaire : une *grande distance entre l'action et l'homme qui a pensé cette action* » (*ibid.*, p.12 – mis en italique par l'auteur). Là où certains voient un cas particulier de technicisation, nous allons dans le sens de Victor Scardigli lorsqu'il soutient qu'il s'agit en fait de « l'*objectif* ultime de la mise en place de la Société de l'information » (*ibid.*), tout du moins, en ce qui nous concerne, dans le domaine aérien.

Cette formalisation mathématique s'est constituée en tant que modèle de pensée des ingénieurs ; « une pensée logique et ordonnée, dit-on » (Jean Dhombres, 1984). L'influence des penseurs du XIX^{ème} siècle tels que Saint Simon et Auguste Comte a largement contribué à « assimiler le progrès des sciences et techniques au progrès de l'homme et des Sociétés » (Scardigli, 2001, p.22). En diffusant l'idée selon laquelle l'évolution technique et la mise en œuvre de réseaux de communication seraient les conditions de félicité des hommes et des Sociétés, ils ont largement participé à forger cette philosophie de pensée. Comme l'a montré le mathématicien Jean Dhombres (1984), ces modèles de pensées postulent que les

mathématiques sont à même de traduire le réel et d'organiser le monde à venir. Le postulat est celui « d'une continuité entre la nature et la connaissance mathématique puisque le raisonnement mathématique est [serait] le raisonnement naturel » (Gras et al., 1994, p.239). Jean Dhombres souligne que ces modes de raisonnements se sont imprégnés au cœur des formations d'ingénieurs faisant ainsi prédominer une lecture logico-mathématique du monde. Les premières écoles d'ingénieurs, au milieu du XVIIIème siècle se sont appuyées sur cet esprit mathématique pour appréhender le monde ; comme le montre une préface de Georges Darmois au cours de mathématiques de Jean Bass (relayée par Gras et al., *ibid.*) :

« Les mathématiques ont toujours été l'instrument normal employé pour parvenir, en même temps qu'à l'intelligence du monde concret, à la construction de modèles efficaces qui représentent convenablement de larges pans de la réalité » (p.240).

Selon Alain Gras et al. (1994), les ingénieurs évoluant dans le domaine aéronautique se sont en partie forgés sur cette vision du monde. Souvent établis à des postes décisionnels ou au sein de l'administration ou encore parmi les concepteurs chargés d'organiser la gestion des flux d'aéronefs ou participant aux réflexions sur les postes de travail, ce sont eux qui vont accompagner le développement des projets d'automatisation de la navigation aérienne (Scardigli, 2001). Le postulat étant que « la mathématique – disons aujourd'hui les sciences exactes et quantitatives – peuvent et doivent décrire tous les rapports entre l'homme et son environnement, depuis la physique du vol jusqu'aux facteurs humains » (Gras et al., 1994, p.239). Elle est, pour ces ingénieurs, l'outil universel de compréhension et d'action sur le monde.

« La science est un instrument, et l'ingénieur s'identifie totalement à son instrument. Il est mathématicien, donc il est en quelque sorte la mathématique, il pense et développe son action selon les principes de cette discipline. On comprend qu'en retour il pense honorer l'utilisateur de ses créations en lui imposant d'être à son tour un reflet de ces objets, d'inscrire ses usages dans leur prolongement » (Gras et al., p.240).

La mise en équation du vol et de sa sécurité serait ainsi la solution pour construire, maîtriser et optimiser un univers aérien idéal, sans danger, sans imprévu, sans défaut ; car mathématisable. Les ingénieurs évoluent dans des espace-temps très différents de ceux des pilotes dans la mesure où leur activité a pour support de pensée l'abstraction et la modélisation. En travaillant depuis un simulateur, c'est au travers de chiffres et de nombres que les ingénieurs construisent leur réalité du vol ; une réalité qui devient dès lors maîtrisable.

« La mathématisation du monde consiste à introduire la quantité et l'ordre, donc le nombre, comme principes de description d'un domaine et comme outil d'une action de transformation de ce domaine. Le principe fondamental de ce nouveau *Discours de la méthode*³⁹, c'est que la science peut tout comprendre, puis tout résoudre, en décomposant la complexité du monde en éléments simples, puis en reconstruisant de la complexité ; mais une complexité que le scientifique maîtrise cette fois, puisqu'il en est le grand organisateur » (Scardigli, 2001, p.138).

C'est au travers de ce filtre cartésien que les ingénieurs analysent les actants humains ou non humains et leur configuration, de manière à pouvoir calculer, prévoir et organiser avec la plus grande précision, la plus grande sécurité et la plus grande efficacité le déroulement de l'activité. La vision est fondamentalement pragmatique (au sens commun du terme) : « comment faire au mieux, avec les moyens dont on dispose pour obtenir le résultat désiré ? » (Girin, 2001, p.168).

1.2. Primat d'une vision fonctionnaliste

Pour les ingénieurs, nous dit Victor Scardigli, l'activité humaine (où dans ce cas, l'activité de pilotage), « c'est ce qui met en jeu un sous-ensemble d'éléments fonctionnellement associés pour répondre à des besoins » (2001, p.134). Cette approche de l'activité en plusieurs éléments à partir desquelles on construit un tout cohérent et maîtrisable relève typiquement d'une vision fonctionnaliste dans laquelle l'organisation est vue comme une machine fonctionnelle. Dans cette approche, « tous les phénomènes, ou faits, qu'ils soient sociaux ou organisationnels, doivent être conçus comme autant de fonctions qui concourent à la stabilité de l'ensemble (la Société ou l'organisation) » (Bonneville et Grosjean, 2011, p.35). Le concept de fonction possède plusieurs significations et est utilisé tant en sciences de la nature (notamment en biologie) qu'en sciences sociales (économie, linguistique, politique, sociologie). En biologie, il fait référence à « la contribution qu'apporte un élément à l'organisation ou à l'action de l'ensemble dont il fait partie. [... L]a notion de fonction nous reporte au modèle organique ; la biologie s'est en effet élaborée en analysant d'abord les différentes fonctions des organes du corps humain ou animal : fonction du foie, du rein, du cœur, ou encore fonction digestive, fonction respiratoire » (Rocher, 1969, p.260 cité dans Bonneville et Grosjean, 2011, p.34). En mathématique, le terme de fonction renvoie à « la relation qui existe entre deux quantités, telle que toute variation de la première entraîne une

³⁹ Victor Scardigli fait ici référence à (Descartes, *Discours de la méthode pour bien conduire sa raison et cherche la vérité dans les sciences*, 1637).

variation correspondante de la seconde » (le Micro Robert, 1988, p.549). Par analogie à la biologie, il est ainsi considéré qu'un « tout » (une Société, une organisation, une activité) est constitué d'un ensemble d'éléments indissociables et nécessaires à son fonctionnement. Pour les ingénieurs, dominés par un engouement pour le calcul, l'opérationnalisation et la mathématisation, l'enjeu consiste à identifier puis à anticiper le plus possible l'ensemble des variables susceptibles d'influer sur le fonctionnement de l'organisation. Pour cela, ils procèdent par segmentation et par analyse des différents éléments – et de leurs fonctions – qui vont ou risquent d'intervenir et de perturber le bon fonctionnement de l'activité.

« L'ingénieur se met à découper le vol en segments et sous-segments, à dresser la liste de tous les *modes* possibles de gestion de chaque segment, à écrire toutes les fonctions qui concourent à la bonne conduite de l'avion. Puis il confie le déroulement cartésien du vol à des logiciels, qui emportent dans le ciel sa volonté, et la feront exécuter par une entité, machinique ou humaine. Enfin, il cherche à étendre cette démarche de formalisation et d'informatisation à l'ensemble des objets techniques et des êtres humains qui composent l'univers aéronautique » (Victor Scardigli, 2001, p.138).

Dans cette optique, chaque élément a une fonction précise, un rôle à tenir pour que l'ensemble soit viable. La méthode consiste ainsi à découper les tâches en éléments constitutifs et à rechercher la meilleure façon de les exploiter. Et ce qui prime, c'est la combinaison de ces différents éléments de façon à ce que l'ensemble soit le plus efficace et le plus performant pour conduire l'activité selon les dispositions, alors calculées.

« En somme, un avion [et par extension l'activité de pilotage] c'est un ensemble de fonctions assurées par des "entités". Il importe peu que ces entités soient des homme-exécutants ou des systèmes techniques : ces éléments sont totalement substituables entre eux (...) l'important est de trouver la configuration d'éléments, hommes ou techniques, la plus performante. Et dans ce Nouveau Monde peuplé d'entités volantes, on peut parier que la divinité Evolution sera invoquée pour guider le choix, parmi ces entités humaines ou machiniques, de celles qui seront le moins soumises à des erreurs ou des pannes, à des grèves ou des passions... » (Scardigli, 2001, p.134).

La recherche de performance ! Tel est l'objectif poursuivi par les acteurs de la navigation aérienne : une performance économique et sécuritaire (les deux étant étroitement imbriquées dans ce domaine). Depuis notamment la libéralisation du transport aérien, les valeurs de rentabilité sont fondamentales. Dans un environnement aussi "fragile"⁴⁰ que celui de

⁴⁰ Nous ne remettons pas forcément ici en cause la robustesse du système aéronautique mais il n'en reste pas moins, que lorsqu'un élément est défaillant, il entraîne souvent un enchaînement d'autres défaillances qui peuvent conduire à une perte de maîtrise de la situation.

l'aérien, où les erreurs peuvent rapidement devenir catastrophiques – tout particulièrement lorsqu'il s'agit des activités de pilotage et de contrôle où les vies de nombreuses personnes sont engagées – la volonté de réduire l'imprévisibilité des comportements est comme démultipliée et se traduit par l'imposition de règles, de normes, de pratiques, de façons de faire et de communiquer qui sont prédéterminées et qui laissent peu de place à l'improvisation. Car c'est justement cette improvisation qu'il faut éviter : si ce n'est pas prévisible, maîtrisable, alors c'est dangereux ; dangereux pour la sécurité et dangereux pour la productivité. Au regard de ce que nous avons présenté dans le chapitre 1, on identifie assez aisément cette logique de rationalisation : un plan de vol qui décrit le vol dans ses moindres détails, un découpage des tâches strict et réglementé, des règles et des protocoles de sécurité qui s'immiscent dans tous les recoins de l'activité, des communications formalisées et encadrées par une forte réglementation, etc. Cette quête d'une maîtrise totale, d'une organisation rationnelle et objective du travail n'est pas sans faire écho au modèle taylorien du XIX^{ème} siècle qui a longtemps prédominé et qui continue encore, sous des formes différentes, de se déployer dans les organisations. Sans rentrer dans les détails des principes tayloriens, notons que dans cette conception, « l'organisation est faite de petites unités, lesquelles exercent chacune des fonctions précises et bien distinctes les unes des autres, mais qui, du même coup, sont interdépendantes quant à l'accomplissement des objectifs généraux de cette organisation. Aussi à l'image d'une machine, l'organisation est gérée de manière linéaire et rationnelle, où il est attendu que la fonction A influence la fonction B, et ainsi de suite ; conséquemment, un maximum de supervision et de contrôle doivent être exercés pour éviter quelconque engrenage. Dans cette optique, la gestion, tout comme la communication qui en découle, est d'abord et avant tout une question de directives claires, dans l'émission comme dans la réception de ces directives » (Bonneville et al., 2007, p.173 cité dans Bonneville et Grosjean, 2011, p.39). Pour que « ça fonctionne », il faut avoir prise sur les différents éléments qui constituent l'ensemble, à l'image d'une machine que l'on pourrait pré-programmer. Dans cette conception de l'organisation, ce qui fait défaut, ce qui est source d'erreur provient de l'humain, par ses gestes approximatifs, son imperfection, son potentiel d'interprétations erronées ; tandis que la machine, elle, est modélisable. La machine-organisante, c'est l'objectif visé en aéronautique : « la machine est malléable, alors que le pilote résiste, veut suivre sa rationalité et utiliser ses compétences » (Scardigli, p.136).

« Si les constructeurs privilégient la recherche d'améliorations techniques, c'est que l'homme est *pensé d'abord comme une cause potentielle d'accident*. Inversement, la technique est toujours pensée comme source de progrès

considérables dans la sécurité [et la rentabilité] » (*ibid.*, p.115 – mis en italique par l’auteur).

Sur le plan des performances, l’automate s’avère donc plus docile, plus maîtrisable et plus sûr que l’humain. Au nom de la sécurité, qui s’accompagne de la compétition économique, il est ainsi normal, dans cette optique, que l’être humain se soumette, s’adapte à cette machine-organisation.

Il convient, dans le cadre de notre étude, de s’interroger sur la conception de la communication qui découle de cette vision ingénieur, ce que nous abordons dans la partie suivante.

1.3. Une conception canonique de la communication

Dans la perspective fonctionnaliste que nous venons de décrire, l’organisation est appréhendée comme une entité existant *a priori*, possédant ses propres structures indépendamment des individus qui la composent. Et dans cette organisation (perçue comme un contenant), la communication est envisagée comme « une substance tangible qui voyage de manière ascendante, descendante et latérale dans l’organisation » (Laramée, 1989, p.68 cité par Bonneville et Grosjean, 2011, p.48). C’est une conception rationnelle et objective de l’organisation et du travail où la communication est une fonction parmi d’autres ; elle a pour principale vocation de coordonner et de réguler le travail. C’est une vision instrumentale de la communication dont la fonction est de faire tenir ensemble les différentes composantes de l’organisation.

1.3.1. Une théorie mathématique de la communication

La perspective de la communication qui est adoptée dans ces approches classiques de l’organisation est celle d’une communication qui véhicule de l’information. En effet, construit dans les années 70-80 avec l’émergence d’une Société de l’information, la communication y est souvent considérée sous l’angle du « paradigme de l’informativité » (Grosjean et Bonneville, 2006). C’est à dire qu’elle n’est envisagée qu’au travers des seuls échanges par lesquels les individus transmettent de l’information. C’est une communication formelle qui est perçue comme une entité distincte de l’organisation et sur laquelle on peut avoir un certain contrôle. Comme le souligne Luc Bonneville et Sylvie Grosjean, « parler de communication formelle, c’est faire référence aux communications qui sont généralement prévues, organisées

et planifiées à partir de règles, de normes et de consignes précises (...) ; c'est une forme de rationalisation de la circulation des informations nécessaires à l'accomplissement des activités et des tâches » (2011, p.42). Cette vision de la communication est typiquement celle qui régie les échanges entre pilotes et contrôleurs. En effet, comme nous avons pu le voir dans le chapitre 1, les communications pilotes-contrôleurs font l'objet d'une forte prescription et d'une réglementation conséquente. Envisagée comme un instrument de gestion, la communication a pour vocation de soutenir la finalité de l'activité. Dans notre domaine d'investigation, la communication est vue comme un outil permettant de coordonner les activités de pilotage et de contrôle.

Ces communications se fondent principalement sur le modèle cybernétique de la communication tel que proposé par les ingénieurs et mathématiciens Shannon et Weaver (1948⁴¹ ; 1949⁴²). La communication y est envisagée selon une perspective mathématique et considérée comme un processus linéaire simple de transmission et de compréhension d'un message entre un émetteur et un récepteur : l'émetteur encode un message avec un sens voulu à destination du récepteur qui décode le message reçu afin d'en saisir le sens. Le codage et le décodage sont des activités cognitives effectuées par les deux interlocuteurs. Le message circule sur un canal de transmission qui peut comporter des bruits. A cela peut s'ajouter une autre opération, celle de la rétroaction (Wiener, 1948⁴³). Elle consiste en un *feedback* qui se traduit par une action langagière ou corporelle du récepteur et qui permet certains ajustements quant à la transmission et à la compréhension du message. Les activités de production d'information et de communication des pilotes et des contrôleurs sont pensées selon ces mêmes principes. En reprenant le schéma cybernétique de la communication (Shannon et Weaver 1948⁴⁴, 1949⁴⁵ ; Wiener, 1948⁴⁶) et en le transposant à la communication pilotes-contrôleurs l'évidence est frappante.

⁴¹ Shannon, E.C., (1948), A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, n°27, p.379-428.

⁴² Shannon, E.C, et Weaver.W., (1949), *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana: University of Illinois Press.

⁴³ Wiener, N., (1948), *Cybernetic, or Control and Communication in the Animal and The Machine*, Cambridge: MIT Press.

⁴⁴ *Op. cit.*

⁴⁵ *Op. cit.*

⁴⁶ *Op. cit.*

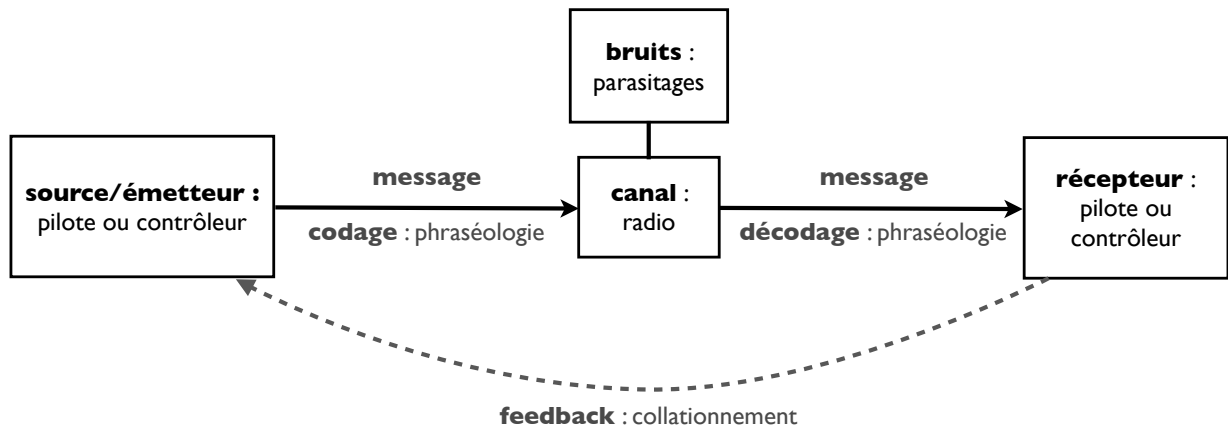


Figure 6 : Une conception canonique de la communication pilotes-contrôleurs

Dans cette vision, la préoccupation principale a trait à l'énoncé qui est produit : Le pilote ou le contrôleur possède une certaine intention communicative et produit un énoncé phraséologique porteur de sens. L'auditeur (pilote ou contrôleur) reçoit cet énoncé et le décode afin de récupérer le sens intentionné. Le *feedback*, ici le collationnement, permet une boucle de rétroaction pour vérifier que le message a correctement été reçu (compris ?). La communication est considérée comme bonne dès lors que le sens voulu correspond au sens reçu. On retrouve ici très clairement l'idée du télégraphe où la communication est conçue comme un transfert d'information d'un émetteur à un récepteur. Cette façon de penser la communication prend tout son sens pour les ingénieurs dès que l'on se remémore les premiers échanges pilotes-contrôleurs par télégraphie sans fil, l'enjeu consistait à pouvoir coder puis décoder l'information qui circulait dans un canal de transmission. L'un des points centraux du modèle cybernétique concerne la notion de « bruit ». Ce bruit correspond aux parasites qui peuvent avoir lieu au cours de la transmission d'un message et qui viennent alors perturber les échanges. Dès lors, l'enjeu consiste à réduire au maximum les problèmes d'interférence et de distorsion du message qui sont conçus comme des obstacles à « la communication ». La mise en œuvre de la phraséologie relève d'une volonté de pallier ces distorsions en déterminant les règles de transmission les plus efficaces. Sous cet angle, l'intérêt se porte sur les informations transmises et leur codage, les obstacles rencontrés et le décodage qui est fait de ces informations. Dans cette conception, l'enjeu consiste à déterminer les meilleurs critères pour une « bonne communication » : mais la question à se poser est « pour qui » ? « S'il y a des critères internes à la communication, ils n'ont de valeur que rapportés à d'autres aspects de la vie de l'organisation. Les mêmes manifestations n'ont ni le même sens ni les mêmes effets selon le contexte » (Lacoste, 2001, p.51).

Sous ce modèle, il n'est en effet nullement question « d'interprétation ou de réinterprétation du sens des messages au fur et à mesure du processus de communication, non plus que de contexte en fonction duquel l'émetteur et le récepteur reconstruisent ce sens » (Bonneville et al., 2007, p.174, cité dans Bonneville et Grosjean, 2011, p.53). L'ancrage contextuel de la communication n'est en effet pas pris en compte ; seules comptent les propriétés tangibles du message : « sa durée, sa fréquence, sa direction (forcément linéaire), les sources possibles d'interférence et surtout sur la façon la plus efficace de transmettre ce message d'un point A vers un point B » (Bonneville et Grosjean, 2011, p. 53). La question du sens n'est pas à interroger puisqu'il est considéré que le sens se trouve dans le message. Il est en effet supposé que le code (dans notre cas, la phraséologie) à lui seul permet de faire sens pour les pilotes et les contrôleurs. Or, bien que ce code participe de la compréhension des messages, il n'en détermine pas à lui seul le sens. Nous verrons dans la suite de ce chapitre que nombreux sont les chercheurs qui considèrent que « les interactions sont plus qu'un simple partage ou échange d'informations : elles construisent, génèrent « quelque chose » d'autre que ce qui était présent avant l'échange : des significations, des actions coordonnées » (Allard-Poesi, 2003, p.94) ; perspective à laquelle nous adhérons.

Comme le souligne Sylvie Grosjean et Luc Bonneville (2007c), « Le paradigme de l'informativité s'est largement construit sur la base de l'idée selon laquelle l'information, notamment grâce aux TIC, pouvait révolutionner les pratiques organisationnelles qu'on a voulu rendre plus performantes. Or cette performance tant convoitée reposait la plupart du temps sur un projet d'intensification, de rationalisation du travail, ce qu'on pensait en grande partie possible avec la reconfiguration structurelle du rapport au temps et à la vitesse » (p.15).

1.3.2. De l'équipement des activités de production d'information et de communication

S'agissant d'étudier l'informatisation et l'automatisation des activités de production d'information et de communication, nous nous interrogeons ici sur la façon dont les ingénieurs pensent l'équipement de ces activités.

Dans le domaine aérien, les activités de production d'information et de communication jouent un rôle central dans l'activité de la navigation aérienne. Elles sont le lien qui permet de relier le sol et l'air, de faire tenir ensemble ces deux sous-systèmes essentiels du monde aéronautique. Comme nous l'avons présenté dans le chapitre 1, actuellement, les communications entre pilotes et contrôleurs s'effectuent à la voix, ce qui a pour conséquence d'une part, de limiter le nombre de messages pouvant être transmis et d'autre part, d'entraîner

de « multiples risques d’erreurs de transmission et d’incompréhension, de non-disponibilité ou de surcharge de l’équipage [et des contrôleurs] » (Scardigli, 2001, p.113). Dans le contexte actuel de densification du trafic aérien, sous-tendu par des enjeux économiques forts et par une recherche constante de sécurité, l’enjeu consiste à pouvoir augmenter de manière sûre et efficiente le nombre d’échanges entre l’air et le sol afin de suivre les défis posés notamment par la libéralisation du transport aérien. Pour les ingénieurs, pour qui la raison mathématique et l’analyse cartésienne sont les plus efficaces, l’automatisation est perçue comme la solution qui mènera à plus de sécurité et à plus de performance. Ils envisagent en effet la sophistication technique comme synonyme de plus de sécurité ; l’essentiel de l’argumentation consiste à dire que le défi pour les industriels est de tendre vers plus de performances économique et sécuritaire, lesquels seront rendues possibles par l’innovation technique. Dans cette recherche constante vers toujours plus de performance, la rationalisation des activités et des échanges est au centre des préoccupations. Elle se traduit, pour ce qui a trait aux communications pilotes-contrôleurs par la mise en œuvre d’une liaison numérique entre le sol et l’air, une liaison qui serait enfin « fiable ». Plus encore, il s’agit de développer un véritable réseau capable de relier plusieurs acteurs clés dans la conduite du vol : les équipages et les contrôleurs, mais également les personnels de maintenance, les coordinateurs des compagnies aériennes, etc., tous les acteurs susceptibles de contribuer de près ou de loin à la réussite de l’activité. Ce qui se met à l’œuvre ici dépasse le cadre de l’évolution technique pour aboutir à une véritable « révolution socio-organisationnelle » (Scardigli, 2001).

« La rationalité technicienne pose ainsi l’être humain – ici, sa voix – comme le point faible du vol, la source potentielle d’accidents. Elle en conclura, imperturbablement, qu’il faut remplacer le lien social par un lien technique (...) s’il n’est pas possible de prévoir entièrement l’action [la communication] humaine, c’est donc qu’elle est peu fiable » (*ibid.*, p.114).

Nous allons dans le sens de Denis Segrestin (2007) lorsqu’il pose que la thématique de la rationalisation des activités et des échanges est au cœur des débats : « Les technologies tirées de l’informatique sont bel et bien à l’origine d’une nouvelle étape de la rationalisation dans le sens qu’indiquent parfaitement G. de Terssac et I. Bazet : l’enjeu n’est plus seulement de gérer des informations, mais aussi d’équiper les échanges entre tous les acteurs d’un système donné, d’accroître l’efficacité de leur coordination, et de contribuer *in fine* au rendement de l’action commune » (p.1).

A l'aune des recherches actuellement menées au sein de l'équipe ECORSE (Equipe COmmunication, Risques, Santé, Environnement) du CERTOP (Centre d'Etude et de Recherche, Travail, Organisation, Pouvoir), nous nous ancrons dans l'axe de réflexion selon lequel le déploiement des Technologies de l'Information et de la Communication dans les organisations contemporaines ne consiste pas uniquement à accompagner le changement mais constitue un de ses équipements de base. Nous aborderons plus spécifiquement cette thématique dans la dernière partie de ce chapitre.

Au regard de ce que nous venons de présenter, nous souhaitons, dans la deuxième partie de ce chapitre prendre de la distance vis à vis de ce paradigme fonctionnaliste pour lequel l'organisation est conçue comme un ensemble structuré, objectif et statique, à l'intérieur duquel se déroulent des activités de communication et où les acteurs sont réduits aux rôles d'émetteurs et de récepteurs ; une prise de distance également vis à vis de la vision de la communication conçue dans son rôle instrumental, avec un intérêt qui se porte sur la transmission formelle et planifiée des messages. En effet, l'hypothèse selon laquelle un processus formel et normalisé serait suffisant pour mener à bien l'activité et faire face aux situations complexes et imprévisibles semble pour le moins risquée. Le sens de l'action ne se situe pas dans de l'organisé *a priori* mais se construit localement. Agir ne se limite pas à exécuter un plan préétabli qui serait équivalent en tout lieu et tout moment, mais nécessite d'interpréter la situation afin de s'ajuster aux circonstances particulières et, quelque part, toujours uniques, du contexte dans lequel elle se déroule. Cette contextualisation est en effet nécessaire pour prendre la mesure de ce qui est en train de se dérouler et des actions à mener pour ajuster, résoudre la situation. Dans le domaine aérien, les rôles, les fonctions, les modalités d'échanges sont encadrés et prescrits à un niveau de détail très fin, mais il n'en reste pas moins qu'il s'agit d'une activité conjecturale pour laquelle l'incertain des situations nécessite de faire sens des informations et indices, de les compléter et de les renouveler en situation. Comme le souligne Michèle Lacoste s'agissant des activités de soins, et qui nous semble également prégnant dans le domaine aérien, le paradoxe peut se résumer ainsi : « la prescription, la règle, la technique contraignent l'action plus que dans d'autres domaines, et pourtant c'est là peut être que la marge de manœuvre et la part d'interprétation se révèlent les plus indispensables » (2001, p.24). Dans des environnements soumis à l'incertitude, à la panne et au changement technique tel que c'est le cas pour nombre d'organisations et encore plus, en ce qui concerne le domaine aérien, la compréhension et la résolution des problèmes,

la gestion des aléas et la prise de décision nécessitent de communiquer. Trop évidente ou trop impalpable, trop humble ou trop gênante, la communication de travail a souvent été occultée par les professionnels de la communication d'entreprise comme ingrédient indispensable du travail réel et de la coopération (Lacoste, 2001) ; elle a en effet été reléguée au rang de fonction technique de transmission efficace de l'information (Bonneville et Grosjean, 2011). Cette vision instrumentale de la communication, héritée, comme nous l'avons vu, du modèle cybernétique de (Shannon et Weaver, 1949⁴⁷ ; Wiener, 1948⁴⁸), pose la communication comme relevant d'une transmission de messages en laissant de côté les questions de signification. Or nous rejoignons Michel Lacoste (2001) lorsqu'elle pose que les communications remplissent des fonctions essentielles :

« Elles servent à la répartition des activités : outre les tâches et les rôles formellement assignés, la division du travail nécessite des ajustements et des négociations, depuis de simples variations sur ces marges jusqu'à des recompositions profondes et parfois conflictuelles. Elles servent aussi à la construction et la transmission d'information : tout au long du travail, des informations de tous ordres sont glanés, échangées, mises en circulation : celles-ci ne sont efficaces que si elles arrivent au bon moment, au bon destinataire, sous une bonne forme, si elles sont vérifiées, comparées, discutées. Elles sont utiles à la coordination : par-delà la synchronisation exigée par les interdépendances et les contraintes temporelles, les communications assurent l'harmonisation des règles et des manières de faire, la confrontation et la convergence des interprétations, la traduction entre les langages de métiers différents ou de services aux logiques distinctes (...). [Elles servent à] la compréhension et la résolution des problèmes, pour la gestion des aléas, pour la prise de décision, préoccupations majeures dans des environnements soumis à l'incertitude, à la panne et au changement technique : les raisonnements collectifs sont alors le moteur même du travail. La communication participe donc intimement aux logiques opératoires, à la gestion des connaissances, à la structuration des collectifs, à la programmation du travail dans le temps et dans l'espace, à la transmission des consignes, à la réactualisation des règles et des normes » (p.23).

Dans la partie suivante, nous proposons de nous intéresser à un courant de pensée qui s'inscrit dans cette perspective en considérant que la communication est constitutive de l'organisation.

⁴⁷ *Op. cit.*

⁴⁸ *Op. cit.*

2. Les activités de production d'information et de communication comme constitutives des processus organisant

Loin d'envisager les activités de production d'information et de communication des pilotes et des contrôleurs comme relevant d'un simple mécanisme de transmission d'information, nous considérons, au contraire, qu'elles sont constitutives du travail d'organisation du vol et du trafic aérien. En cela, nous nous inscrivons dans le courant d'analyse de la Communication Constitutive des Organisations (CCO) dans la mesure où la communication y est considérée comme ce qui génère les phénomènes organisés. En considérant que l'organisation n'est pas quelque chose de « déjà là », mais quelque chose qui est toujours en train de se faire, cette approche pose l'hypothèse que les « effets "organisant" sont principalement le résultat d'une coproduction en situation d'interaction » (Cooren et Robichaud, 2001, p.141). Dans cette optique, « le regard du chercheur se porte alors sur les processus interactionnels, sur la co-construction de sens en organisation. En effet, les individus sont amenés à construire et déconstruire de l'organisé et la vie organisationnelle doit se comprendre comme un processus continu de communication. Ce n'est donc plus l'organisation qui est l'objet de recherche mais les processus à travers lesquels une réalité organisationnelle prend forme ou s'effondre » (Grosjean et Bonneville, 2007c, p.16).

Cette approche nous offre une alternative aux approches fonctionnalistes et cybernétiques en proposant d'adopter une perspective plus située et ethnographique pour rendre compte de ce qu'est la communication, dans sa dimension organisationnelle. Nous proposons dans cette partie de dresser les pourtours de cette approche.

2.1. Aux fondements des approches constitutives de la communication organisationnelle

Appréhender la communication comme constitutive des organisations est un paradigme de plus en plus répandu dans de nombreux travaux s'intéressant aux dynamiques communicationnelles dans et entre les organisations, tant en Europe qu'en Amérique du Nord. En Amérique du Nord, l'approche de la CCO est issue de la convergence de plusieurs travaux de chercheurs Nord-américains (Cooren, 2007 ; Putnam et Nicotera, 2009 ; Taylor, 1993) s'intéressant au rôle de la communication dans l'ontologie de l'organisation. De façon convergente, en Europe (en France, plus particulièrement), un travail a été engagé par Jean-Luc Bouillon, Sylvie Bourdin et Catherine Loneux (2007) pour réfléchir à cette centralité de la communication comme constitutive des organisations. En procédant à un état de l'art des

recherches menées en Europe, ces auteurs ont proposé de développer une « approche communicationnelle des organisations » (ACO).

L'approche CCO propose d'explorer les dynamiques reliant organisation et communication en posant l'hypothèse que la communication est constitutive du « mode d'être et d'agir des organisations » (Cooren et Robichaud, 2001). En effet, les chercheurs se revendiquant de ce courant de pensée refusent de considérer l'organisation comme une entité distincte et indépendante de la communication (Taylor, 2011). En cela, ils s'opposent à l'idée selon laquelle la communication ne constituerait qu'un adjuvant, qu'elle ne serait qu'une dimension de consolidation du lien social dans les organisations ; au contraire, ils considèrent qu'elle est partie prenante de ce qui fait le travail d'organisation. Les chercheurs s'inscrivant dans cette perspective renoncent ainsi à adopter une vision instrumentale de la communication. En considérant que l'organisation émerge dans la communication, l'enjeu consiste à mettre l'accent sur « les processus de construction sociale reliant le singulier au général, le micro et le macro social, le matériel et le symbolique (...) [en tentant de saisir la façon dont] des paroles, des discours, des écrits, produisent une réalité sociale et collective que l'on qualifie *d'organisation* » (Jean-Luc Bouillon, 2009, p.1 du document – mis en italique par l'auteur).

2.1.1. Les précurseurs

Comme le soulignent François Cooren et Daniel Robichaud (2011), il est de coutume de tenter d'identifier les précurseurs ayant participé à penser, à construire et à tisser les prémisses d'un mouvement de recherche donné. Dans le cadre des approches constitutives, trois précurseurs principaux⁴⁹ peuvent être associés à la conception d'une constitution communicationnelle de l'organisation : Chester Barnard (1938)⁵⁰, Mary Parker Follett (1941)⁵¹ et Gabriel Tarde (1999)⁵². En accordant une place essentielle à la communication comme élément participant du fonctionnement organisationnel, Chester Barnard est considéré comme le père fondateur de la communication organisationnelle. Ses travaux mettent en évidence qu'une organisation ne peut exister qu'à partir du moment où des personnes qui peuvent entrer en communication, contribuent ensemble à une action collective afin

⁴⁹ Pour des informations complémentaires, se référer à (Cooren et Robichaud, 2011).

⁵⁰ Barnard, I.C., (1938), *The Functions of the Executive*. Cambridge: Harvard University Press.

⁵¹ Follett, M.P., (1941), *Dynamic Administration: Collected papers*. New York: Harper.

⁵² Tarde, G., (1999), *Monodologie et sociologie*. Le Plessis-Robinson : Institut Synthélabo (1ère édition: 1895).

d'atteindre un objectif commun. En cela, il ne considère pas l'organisation comme relevant uniquement de phénomènes organisés (tant les échecs à coopérer, à s'organiser sont nombreux) mais plutôt comme le fruit d'activités de coopérations entre individus (Cooren et Robichaud, 2011). Dans cette optique, Chester Barnard insiste sur l'importance des échanges et des interactions en ce qu'ils permettent la négociation du sens de l'action. De façon convergente, Mary Parker Follett accorde une place essentielle aux interactions entre individus dans la mesure où celles-ci sont des moments de co-construction des relations ; son intérêt se porte tout particulièrement sur la nature relationnelle de l'autorité et à sa mise en œuvre dans les interactions des gestionnaires (Cooren et Robichaud, 2011). En considérant les conflits organisationnels comme inhérents à tout collectif, elle oppose à une vision dirigiste et unidirectionnelle de la communication managériale, une vision intégratrice des rapports humains à travers laquelle les échanges et la communication permettent d'ajuster la situation. En cela, elle propose « une conception profondément communicationnelle et contextuelle de l'autorité (...) [et met ainsi en évidence] l'importance de la communication et de l'interaction quotidienne en tant que fondement de l'organisation » (*ibid.*, p.145). Gabriel Tarde, quant à lui, est relié à ce courant de pensée en ce qu'il propose de comprendre le « grand » par le « petit ». S'intéressant de manière plus générale aux Sociétés (à tous types de collectifs, y compris les organisations), il met en évidence que c'est au travers des interactions et des communications que se constitue le mode de fonctionnement de tout agencement. Comme le souligne François Cooren et Daniel Robichaud :

« Partir du petit pour mieux comprendre le grand est une prémisse centrale des approches constitutives de la communication organisationnelle, car elle conduit à montrer en quoi tout ensemble organisé, tout collectif, toute Société ne peut se réaliser qu'au travers des interactions, des échanges, des communications qui l'incarnent et l'actualisent » (2011, p.147).

Cette perspective sera également celle de Karl Weick (1979, 1995) qui est aujourd'hui souvent considéré comme un des pères de l'approche constitutive en proposant d'appréhender de façon systématique l'organisation comme étant décrite par et réalisée dans les processus communicationnels. Dans son ouvrage *the Social Psychology of Organizing* (1979), Weick propose de rompre avec une vision positiviste et déterministe en proposant une vision interactionniste et constructiviste de l'organisation. Il propose pour cela, de distinguer l'organisation de l'« *organizing* » ; terme qui pourrait être traduit en français par « processus organisant » (Cooren et Robichaud, 2011). S'il pose cette distinction, c'est qu'il « refuse précisément de partir du grand, c'est à dire des structures organisationnelles, pour expliquer le

petit, soit l'action organisationnelle » (*ibid.*, p.148). Tout comme Gabriel Tarde, cette approche « du petit vers le grand » pour comprendre le mode de fonctionnement des organisations, considère que toute organisation ou tout agencement n'existe pas *a priori*, de même qu'il n'existe pas une « force harmonisante » prédéfinie. L'organisation ne se réalise que dans et par les interactions ; et « si harmonie il semble y avoir, si un tout paraît fonctionner, c'est au prix d'un travail continu de mise en cohérence, d'ajustement mutuel, et de "co-orientation" » (*ibid.*). Nous proposons de poursuivre plus avant la réflexion menée par Karl Weick en ce qu'elle nous permet de sortir de la vision dominante en management en proposant de considérer l'organisation comme ancrée dans les processus communicationnels.

2.1.2. Organizing où comment construire le sens de l'action (*sensemaking*)

Tandis que l'organisation est souvent appréhendée comme une entité réifiée, quasiment indépendante des individus qui la composent et dotée de caractéristiques propres, Karl Weick déconstruit cette vision des choses en postulant que l'organisation se crée dans les processus, dans ce qui est en train de se construire et de se déconstruire au travers des interactions entre individus (Vidaillet, 2003). En cela, Karl Weick tente de saisir la construction de sens (*sensemaking*) en lien avec les processus organisants (*organizing*).

« The close fit between processes of organizing and processes of sensemaking illustrates the recurring argument that people organize to make sense of equivocal inputs and enact this sense back into the world to make that world more orderly » (Weick et al., 2005b, p.414).

Il considère que l'organisation comme un « étant là » avec sa propre substance est un mythe. Selon lui, ce qui fait organisation, ce sont les processus d'*organizing* qu'il définit comme « une grammaire consensuellement validée visant à réduire l'équivoque au moyen de comportements réfléchis et inter-reliés (*sensible interlocked behaviors*) ; [organiser selon lui], c'est assembler des actions continues et interdépendantes en séquences intelligibles générant des résultats sensés » (Weick, 1979, p.3 ; traduit par Cooren et Robichaud, 2011, p.148). Le terme de grammaire fait référence aux règles implicites et explicites, aux procédures et aux normes, ainsi qu'aux habitudes qui sont collectivement partagées et auxquels font appel les individus pour donner sens puis résoudre une situation donnée de façon intelligible et cohérente.

« Le mot "organisation" est un nom, mais c'est aussi un mythe. Si vous cherchez une organisation, vous n'en trouverez pas. Ce que vous trouverez, ce sont des événements, liés les uns aux autres, qui surviennent entre quatre murs ; ce sont ces

séquences, ces trajectoires ainsi que leur ordonnancement dans le temps qui constituent les formes que nous prenons à tort pour des substances quand nous parlons d'une organisation » (Weick, 1979, p.88 ; traduit par Cooren et Robichaud, 2011, p.149).

Si l'on accepte que l'organisation n'est pas une entité prédéfinie et que le travail d'organisation dépasse largement les simples phénomènes organisés, la question devient centrale : comment les individus s'organisent-ils ? Pour répondre à cette question, et c'est bien là que se trouve le cœur de sa réflexion, Karl Weick s'intéresse aux propriétés organisantes de la communication. Sans conceptualiser explicitement la communication, sa notion de *sensemaking* implique de la communication :

« We see communication as an ongoing process of making sense of the circumstances in which people collectively find ourselves and of the events that affect them. The sensemaking, to the extent that it involves communication, takes place in interactive talk and draws on the resources of language in order to formulate and exchange through talk... symbolically encoded representations of these circumstance. As this occurs, a situation is talked into existence and the basis is laid for action deal with it » (Taylor & Van Every, 2000, p.58).

Karl Weick propose de définir trois processus de base de l'*organizing* : l'« enaction » (*enactement*), la sélection et la rétention. La notion d'« enaction » renvoie à l'idée selon laquelle le changement environnemental ne s'impose pas aux organisations comme quelque chose qui viendrait de l'extérieur, mais que ce changement provient de ce qu'elles ont elles-mêmes contribué à produire. Cela signifie que l'acteur produit autant l'environnement qu'il est produit par lui ; la notion d'« enaction » conduit à considérer l'environnement comme une production sociale des membres de l'organisation (Gérard Koenig, 2003). En cela, les individus ne s'adaptent pas seulement à leur environnement, ils l'« enactent », c'est à dire qu'ils participent à le faire émerger au travers d'actions concrètes qui produisent alors des indices sur cet environnement (Cooren et Robichaud, 2011). Bien qu'il ne le formule pas en ces termes, c'est bien la question de la définition des situations qui intéresse Weick, et la façon dont les individus font sens de ces situations pour conduire leurs actions. Aussi, le processus de sélection fait-il référence à la façon dont les individus vont interpréter (consciemment ou non) une situation au regard de la multitude d'interprétations possibles. Cette interprétation rend possible l'organisation des activités de façon compréhensible pour les individus afin qu'ils puissent agir dessus. Ce processus de sélection fait référence au « tri » que font les acteurs, à ce qu'ils choisissent de retenir ou d'éliminer. Et pour Weick, ce

processus de sélection s'opère par la communication. « Plus l'équivoque de ce qui est enacté paraît importante, c'est à dire plus la situation semble pouvoir se prêter à un grand nombre d'interprétations, plus on aura tendance à interagir pour tenter de « faire sens » de ces données. A l'inverse, plus l'équivoque semble faible (autrement dit, plus le sens à donner à une situation paraît évident et univoque), plus on s'en remettra aux règles, normes et habitudes interprétatives préétablies pour définir les actions qu'il convient de poser » (Cooren et Robichaud, 2011, p.152). Il s'agit en fait d'élaborer une stratégie à partir de l'interprétation que les individus font de la situation ; situation qu'ils ont eux-mêmes participé à créer au travers de leurs interactions et des actions qu'ils ont menés. Enfin, le processus de rétention fait référence au fait que les individus, pour « faire sens » (*sensemaking*) et mener leur activité font appel à leurs expériences, à des ressources cognitives passées, à celles relatives au futur et à celles qui émergent de la situation présente. A cela s'ajoute tous les processus et dispositifs qui permettent de rendre disponible ces expériences dans la situation en cours : les différents documents, les bases de données, les règles, les habitudes, bref, à cet ensemble de choses qui a permis aux individus de répondre à une situation antérieure plus ou moins semblable et sur lesquelles ils s'appuient de nouveau pour faire sens de la situation présente. « Toute activité de sélection et même d'« enaction » est donc irrémédiablement marquée, par rétroaction, par cette activité de rétention ou, si l'on veut, par une mémoire organisationnelle » (*ibid.*, p.153).

En considérant ainsi que l'organisation (*organizing*) se construit au travers des interactions des individus, Karl Weick (1995, 2005b) identifie sept ressources de *sensemaking* :

- 1) La construction de sens est un fait social: c'est au travers d'interactions entre acteurs qu'émergent des données, une compréhension de la situation et une façon de s'orienter par rapport à celle-ci.
- 2) La construction de sens est attachée à la construction identitaire : la façon dont les individus vont mener leurs interprétations, leurs actions, pour répondre à une situation équivoque, dépend de la façon dont ils se positionnent et se définissent vis à vis de cette situation.
- 3) Le *sensemaking* est rétrospectif : la compréhension de la situation et la façon de s'orienter par rapport à celle-ci est toujours postérieure à l'action qui est à l'origine des indices et des situations qu'il s'agit de comprendre.

- 4) Le processus de *sensemaking* est continu (« *ongoing* »), toujours en train de se construire, se déconstruire, se reconstruire au gré de l'évolution de la situation (telle qu'enactée par les individus).
- 5) Le processus de *sensemaking* s'effectue au travers d'indices : les acteurs n'ont pas une vue globale de l'environnement tel qu'il est, mais se réfèrent aux indices qu'ils ont eux-mêmes participé à produire au cours de leurs investigations, de leur activité et qui les aident à construire le sens de la situation.
- 6) Le processus de *sensemaking* est producteur d'environnement intelligible, il permet de rendre compréhensible la situation afin de pouvoir agir sur elle.
- 7) Enfin, la construction de sens repose davantage sur un souci de plausibilité que d'exactitude. Les individus ne peuvent jamais être certains que leurs hypothèses seront exactes, mais ce n'est pas tant leurs exactitudes qui comptent que leurs plausibilités. En effet, ce sont les hypothèses pleines de sens, raisonnables et plausibles qui permettent aux acteurs d'avancer.

Sur la base de ces concepts d'*organizing* et de *sensemaking*, Karl Weick s'est tout particulièrement intéressé aux organisations dites « hautement fiables »⁵³ (*High reliability organizations*) comme lieu d'observation des processus organisants dans des environnements soumis à des conditions de travail difficiles dans la mesure où l'erreur peut être à l'origine de graves conséquences ; tout comme c'est le cas dans le domaine aérien (ou dans le domaine médical ou encore, pour des équipes de sapeurs-pompiers). Ce sont des activités à caractère « prudentiel » pour lesquelles « le travail ne consiste pas – ou pas principalement – à appliquer mécaniquement des savoirs scientifiques » (Florent Champy, 2009, p.84). Nous retenons de qualifier les activités de contrôle et pilotage comme des activités prudentielles dans la mesure où la singularité des vols, de leur « trajectoire » (Strauss, 1992)⁵⁴, de leur

⁵³ Notion que travaille plus spécifiquement Karolina Swiderek de notre équipe dans son travail de thèse (à venir) lorsqu'elle s'intéresse aux dispositifs de traitement des événements de sécurité dans le domaine du contrôle aérien.

⁵⁴ Dans ses études portant sur le milieu médical, Anseml Straus propose d'utiliser le terme de trajectoire (plutôt que celui du « cours de la maladie ») pour qualifier d'une part, le développement physiologique de la maladie d'un patient et d'autre part, « toute l'organisation du travail déployée à suivre ce cours, ainsi qu'au retentissement que ce travail et son organisation ne manquent pas d'avoir sur ceux qui s'y trouvent impliqués » (Strauss, 1992, p.143). Nous faisons ici référence au terme de trajectoire pour mettre l'accent sur le fait que « tout travail – qu'il soit industriel, commercial, artistique, domestique – implique une suite de tâches convenues, quelquefois routinières mais quelquefois également sujettes à des contingences inattendues » (ibid., p.144).

complexité, de leur problème, nécessite des prises de décisions « qui comportent une dimension de délibération et même de pari » (Champy, 2009). Il s'agit d'un travail conjecturel dans la mesure où « il porte sur une réalité qui échappe inévitablement à toute maîtrise systématique (...) et où un savoir totalement formalisé ne suffit pas à guider ce type de décisions » (*ibid.*, p.84-85). Pour mener cette investigation des organisations hautement fiables Karl Weick (1990) s'est notamment intéressé de très près à l'analyse de l'accident de Ténériffe auquel nous faisons référence dans notre introduction. Il constate que ces types d'organisations sont marqués par une tension constante entre la recherche de planification, de programmation, de coordination et le fait de ne jamais pouvoir considérer comme acquis que cette planification, cette programmation et cette coordination seraient des mesures suffisantes. En étudiant la façon dont ces collectifs fonctionnent, il tente d'identifier ce qui caractérise les processus organisants ; il dégage ainsi cinq caractéristiques qui se situent, nous semble-t-il, entre le constat et la prescription mais qu'il nous semble pertinent de considérer. La première consiste en un souci permanent à l'égard des pannes et des échecs qui pourraient se produire. En effet, les petites erreurs, les changements environnementaux ne sont jamais appréhendés comme des événements routiniers mais font l'objet d'une attention particulière. En considérant que le monde est complexe⁵⁵, la deuxième caractéristique consiste à diversifier les différentes lectures possibles d'un événement. Dans les organisations hautement fiables, il montre que pour apporter une réponse appropriée à une situation complexe, il est nécessaire que les acteurs se mettent en relation afin de définir ensemble le sens de la situation ; il s'agit alors de ne pas s'en remettre aux significations qui semblent aller de soi mais de toujours questionner les événements qui ont lieu (tout particulièrement en période de changement). La troisième caractéristique consiste en une attention particulière aux opérations. Celles-ci étant au cœur de ce qui fait l'activité, il est alors nécessaire de s'y intéresser de près afin de comprendre comment elles s'opèrent. La quatrième caractéristique consiste en une forte résilience. Pour Karl Weick, il s'agit de considérer que les procédures, les protocoles, les règles, qui définissent ce que doit être l'organisation, ne sont pas suffisants pour mener à bien l'activité. Celle-ci doit faire l'objet d'un ajustement, d'une improvisation en situation pour résoudre les problèmes qui pourraient survenir. Malgré les automatismes qui se développent

⁵⁵ Selon Karl Weick, « l'idée de complexité englobe à la fois celle de différenciation, de *variété* (le monde est composé d'éléments nombreux et différents à un moment t, mais également sur le long terme, du fait des évolutions ; la variété est à la fois synchronique et diachronique), et celle de *liens* entre tous ces éléments. Toute la difficulté du processus de *sensemaking* réside dans ce passage d'une complexité qui nous dépasse à une complexité que nous pouvons saisir » (Bénédictine Vidaillet, 2003, p.35).

inévitablement, il s'agit, pour Karl Weick, de ne pas prendre pour acquis les coutumes et les habitudes dans la résolution d'une situation. La cinquième caractéristique consiste à accorder une attention particulière à l'expertise plutôt qu'au statut. Il prône que la fiabilité passe par le respect de l'expertise, par la capacité à s'en remettre à celui qui détient la meilleure expertise de telle ou telle situation, évènement, changement environnemental, plutôt qu'à celui qui détient l'autorité. Au travers de ces analyses, Karl Weick nous invite à ne pas réduire l'activité organisationnelle à ce qui est déjà organisé, programmé et qui repose sur des routines, des procédures, des règles. Celles-ci sont bien évidemment des ressources essentielles sur lesquelles les individus prennent appui pour mener leurs activités mais elles ne suffisent pas à elles seules à rendre compte de ce qui fait qu'une activité, une organisation fonctionne ; d'autant plus que celles-ci peuvent aussi devenir des obstacles dans la conduite de l'activité. Prenons l'exemple de la grève du zèle des contrôleurs aériens. A l'époque où le droit de grève n'était pas admis (entre environ 1964 et 1982), la grève du zèle a montré qu'en respectant strictement les procédures, les protocoles, les règles édictées, cela avait de lourdes conséquences sur l'écoulement du trafic aérien. Nous considérons, à l'instar de Karl Weick, que la conduite de l'activité dans ces environnements à forte contingence doit être considérée comme un miracle quotidien dans la mesure où celle-ci est quotidiennement menacée par cela même qui lui permet d'exister, à savoir, les plans (Suchman, 1987), les routines, les procédures, etc. Dans cette perspective et suite à une discussion forte enrichissante avec les membres de notre équipe, nous estimons qu'à chaque atterrissage, à chaque réussite d'un vol, ce sont en fait des vies qui sont sauvées.

Les travaux de Karl Weick nous ont permis de placer la focale sur les processus organisants et la construction de sens dans les pratiques. Cependant, ce chercheur ne considère pas dans sa focale le niveau de l'organisation comme structure, institution qui a pris forme dans ces processus organisants et qui va donner forme à des processus organisants. Or, dans le contexte actuel de globalisation des économies et de transformations des organisations (Mayère, 2006), dans ce que nous identifions comme une rationalisation des activités communicationnelles à travers l'informatisation et l'automatisation, nous avons besoin de comprendre ces aller-retour entre les normes globales, les organisations et les processus organisants à un niveau plus local. Pour ce faire, nous proposons de mobiliser le cadre d'analyse de la théorie de l'activité de Yrjö Engeström (1987) en ce qu'elle nous permet, au moins en partie, de suivre l'articulation entre les transformations globales et les changements locaux ; ce que nous présenterons dans le chapitre 3.

Si nous avons choisi de nous ancrer dans le courant d'analyse de la communication comme constitutive des organisations, c'est que la réflexion qui y est développée nous permet de pénétrer au cœur même des processus organisants en sortant d'une vision uniquement centrée sur la description de la circulation des messages dans l'organisation ou entre les organisations. Nous considérons ainsi que les activités de production d'information et de communication qui permettent de relier le sol et l'air sont bel et bien constitutives du travail d'organisation des vols et du trafic aérien. En effet, nous estimons que la communication entre pilotes et contrôleurs ne peut pas être traitée sur le seul mode du « paradigme de l'informativité » mais qu'elle est un phénomène dynamique qui s'actualise dans les interactions. Elle sert à organiser et à planifier les trajectoires des vols et du trafic aérien, à donner des informations et instructions, à gérer les aléas, à résoudre des problèmes, à prendre des décisions en situation d'urgence et de stress, etc. Aussi l'entrée dans les organisations par les interactions nous permet-elle d'accéder aux processus organisants en situation de travail.

Par ailleurs, malgré l'importance de la contribution de Weick, nous considérons que la place de la matérialité reste relativement impensée alors même qu'elle prend part aux processus organisants. En effet, dans la conception qui est retenue de l'*organizing*, il est avant tout question de la façon dont les humains font sens d'une situation au travers d'actions et d'interactions avec d'autres humains. Or, nous soutenons que les artefacts, les objets, les textes, participent du mode d'être et d'agir des collectifs. Dans le domaine que nous étudions, les interactions s'accompagnent d'une dimension artefactuelle qu'il importe de prendre en compte. Il s'agit ainsi de ne pas uniquement considérer l'action et l'interaction humaine, mais de s'intéresser à tout ce qui participe du fonctionnement même des organisations, les humains et les « non-humains » ; ce que nous aborderons dans la suite de ce chapitre.

2.2. Les écrits comme contribuant aux activités de production d'information et de communication

Si nous portons ici notre attention sur les écrits de travail, c'est qu'ils jouent un rôle clé dans la conduite des activités des pilotes et des contrôleurs. En effet, dans le domaine aérien, comme ailleurs, lorsque l'on observe le fonctionnement des collectifs, l'on constate que pour mener à bien leurs activités, pour faire sens des situations, ceux-ci mobilisent et produisent tout un ensemble d'écrits : les strips, les *check-lists*, les procédures, les fiches d'instruction, etc., sont effectivement parties prenantes du travail d'organisation ; ils soutiennent la

cognition humaine dans l'exécution des tâches (Nomura et al., 2006). Par ailleurs, de nombreuses études s'accordent pour dire que la place de l'écrit dans les activités professionnelles a fortement augmenté, notamment suite aux transformations socio-économiques des organisations au cours de ces vingt dernières années. Cette réflexion autour des écrits de travail nous semble d'autant plus importante qu'avec le développement des technologies, « le recours massif à l'écriture, l'utilisation d'écrans et de médiations informatiques s'accompagnent d'une intellectualisation du travail, maintes fois soulignée, d'une distance croissante aux choses, d'un tournant symbolique qui tend à substituer l'intervention sur les signes à la manipulation directe des objets ; (...) les conséquences en sont importantes, sur l'aménagement des postes, la formation, la conception même du travail » (Lacoste, 2001, p.31). Nous proposons donc ici de nous intéresser aux recherches qui ont été menées sur ces écrits de travail, leurs productions, leurs rôles, leurs mises en pratiques dans la conduite des activités.

2.2.1. Pour une prise en compte des écrits de travail

L'intérêt grandissant pour l'étude de l'écrit marque l'importance du rôle de l'écrit dans l'univers organisationnel. En France, le réseau « langage et travail » créé en 1986 par Josiane Boutet, Anni Borzeix et Béatrice Fraenkel en a fait son terrain d'investigation en interrogeant le vaste domaine des écrits au travail. Bien qu'issus d'horizons disciplinaires différents – dont les sciences du langage, la sociologie, la sociolinguistique, les sciences de la gestion, la psychologie du travail et les sciences de l'information et de la communication (avec notamment les contributions de Sophie Pène, 1993 et de Pierre Delcambre, 1993) – les membres de ce réseau se sont donnés comme principal objet d'étude, le langage en situation de travail, qu'il soit écrit ou oral, et ont tenté de comprendre les formes prises par la coopération. Cette part langagière est inhérente à toute activité et consiste à lire, à écrire, à coopérer, à délibérer, à rendre compte, etc. ; cela concerne également toutes les activités à caractère cognitif (Hutchins, 1995)⁵⁶ : mémoriser, raisonner, interpréter, traiter de l'information, décider, etc. Les auteurs constatent que ces pratiques langagières au travail ont eu tendance à s'intensifier du fait des transformations contemporaines des organisations et des activités de travail. Ils partent du constat que, notamment, les innovations technologiques (informatisation, automatisation), la tertiarisation des emplois (multiplication des emplois de

⁵⁶ Hutchins a mis l'accent sur le caractère distribué de la cognition humaine ; nous abordons cela plus en détail dans le chapitre 3.

services qui nécessitent d'échanger, de discuter, de servir des clients) et les effets de la mondialisation participent de la transformation du travail (nouveaux modes de gestion, d'évaluation, de contrôle, d'implication et d'exclusion des salariés) (Borzeix et al., p.9). Ils soulignent que « ces changements entraînent entre autres conséquences, une transformation du statut, de la reconnaissance et de la place du langage au travail, ainsi qu'un accroissement considérable de la part langagière du travail » (*ibid.*). Ils soutiennent que le travail s'effectue certes avec « des gestes, des savoir-faire, des connaissances, des procédures et des règles, des outils et des technologies, mais avec des mots *aussi* » (*ibid.*, p.10). En prenant les organisations comme terrain de recherche, les membres de ce réseaux ont eux aussi tenté de se dégager d'une vision fonctionnaliste en considérant que l'activité ne pouvait pas se réduire à une simple exécution ; ils ont pour cela centré leur regard sur les interactions en milieu de travail en mettant en œuvre des méthodes d'observation des échanges dans les lieux de l'activité (Delcambre, 1997). En menant ces recherches, plusieurs chercheurs ont porté une attention particulière aux « écrits de travail » ou « écrits au travail » (Pène, Fraenkel, Delcambre, 1993) qui occupent une place grandissante dans les organisations. Pour eux, ces écrits de travail ne se résument pas à l'analyse de corpus d'écrits étudiés indépendamment de leur contexte d'utilisation, notamment lorsque la focale se place sur le travail « en train de se faire ». En effet, au delà des imprimés d'entreprise (règlements, fiches, périodiques internes, etc.) qui font l'objet d'archivages et sur lesquels portent certains travaux, d'autres écrits circulent : les post-it, les brouillons, les bouts de papier qui ne feront pas l'objet d'un archivage mais qui sont essentiels dans la conduite des activités (Fraenkel, 2001). Sur ce constat, les recherches se sont davantage orientées sur les pratiques d'écriture en situation de travail que sur les documents eux-mêmes. Les membres du réseau langage et travail ont ainsi particulièrement orienté leurs réflexion sur un certain type d'écrits : les « écrits d'actions » qui se font pendant le travail, l'accompagnent, l'organisent, le tracent (*ibid.*). Ces écrits, produits dans le cours des actions permettent de soutenir la réalisation du travail et d'en garder une trace qui pourra être transmise à d'autres. Fondés sur l'hypothèse que ces écrits jouent un rôle essentiel dans la structuration des organisations et des activités des individus, de nombreux travaux ont centré leurs recherches sur l'étude des pratiques d'écriture.

Un des ouvrages de référence qui constitue un fondement décisif dans ce domaine est celui de Jack Goody, *la raison graphique* (1978)⁵⁷ qui a ouvert la voie à une série d'études

⁵⁷ **Goody Jack, Bazin Jean Traduction, Bensa Alban Traduction,** (1978), *La raison graphique: la domestication de la pensée sauvage*, les éd. de Minuit, Le sens commun, Paris, France.

portant sur le rôle et la place de l'écriture. Son hypothèse d'une « raison graphique », créée par la communication écrite (Fraenkel, 2001), traduit l'idée que l'écriture développe un système de pensée différent, qui ne se résume pas à la transcription d'énoncés oraux. Il pose que l'écriture a transformé l'individu et la Société et a permis de mettre en place de nouveaux modes de pensées pouvant s'articuler à de nouveaux modes de domination.

Deux facteurs socio-économiques ont notamment contribué à mobiliser les chercheurs autour de l'étude des écrits au travail. Le premier concerne le déploiement de démarches qualité et des normes ISO 9000⁵⁸ dans les entreprises qui ont participé à la mise en œuvre de dispositifs d'écriture permettant d'analyser et de contrôler les pratiques de travail. Ce référentiel normatif repose en effet sur la généralisation d'un processus d'écriture qui a favorisé la diffusion d'un ensemble de documents (fiches, notes, réglementations), participant à former un univers documentaire rationnel (Fraenkel, 2001). La mise en œuvre des normes ISO a ainsi ré- initié le chantier de l'explicitation des pratiques (Cochoy, Garel, de Terssac, 1998). Dans le domaine aérien, les ESARR en sont un exemple significatif, ils normalisent et pré(in)scrivent la façon dont doivent être menées les activités et favorisent une logique d'écriture au travers d'un ensemble de documents, de fiches, de retours d'expérience (documents formalisés destinés à recueillir les témoignages des professionnels en cas d'incident, d'accident). Le deuxième facteur concerne l'informatisation de plus en plus généralisée du travail qui a profondément modifié les modalités du travail en généralisant l'utilisation des ordinateurs et en plaçant l'écrit au centre du dispositif de l'organisation. Plus particulièrement, la mise en réseaux d'ordinateurs, de systèmes techniques, a transformé les modalités du travail collectif et a nécessité de porter un regard nouveau pour comprendre les pratiques d'écriture et de lecture (Fraenkel, 2001). Ces éléments en changement dans les organisations justifient que l'on s'intéresse aux activités de production d'information par l'écrit, et d'échanges autour de l'écrit, ne serait-ce que parce qu'ils prennent de plus en plus d'importance. Cette préoccupation est tout à fait centrale dans notre domaine d'investigation, que les projets d'uniformisation, d'harmonisation des pratiques de travail et des activités de communication (projet du ciel unique européen) s'articulent à une mise en écrit croissante, avec notamment le passage des échanges oraux (radiotéléphonie) à des échanges écrits (messages écrits par CPDLC). Plus encore, on assiste à une nouvelle forme d'écrit au travers de la mise en écran (Jeanneret et Souchier, 1999) des supports informationnels papiers. Du

⁵⁸ *International Standard Organisation*

côté des contrôleurs, les projets d'informatisation prévoient, en effet, de remplacer les strips papiers par des strips électroniques (qui s'interconnecteront alors avec l'ensemble du système technique).

« Nous partageons l'idée que le travail est une action située, et il va de soi que la production, la manipulation, l'utilisation d'écrits [d'écran] transforment les activités. Mais pour appréhender ces dimensions de l'écrit, il convient de sortir d'un point de vue strictement linguistique et d'adopter une perspective plus large que l'on qualifiera d'interdisciplinaire. La réflexion sur le travail comme action, action à la fois située et planifiée, concerne tout autant les sociologues, les ergonomes, les cognitivistes et les linguistes » (Fraenkel, 2011, p.127) ; sans oublier les chercheurs en SIC qui ont beaucoup investi cette thématique. De nombreux chercheurs ont ainsi enquêté de près ou de loin sur le vaste domaine des écrits au travail selon des focales, des problématiques, des terrains et méthodes d'investigation divers et variés allant « de la micrographique d'une activité à l'étude d'organisations entières » (*ibid.*). Les observations ont par exemple porté sur les écrits hospitaliers (Grosjean et Lacoste, 1998), sur les formulaires et lettres types dans une administration (Pène, 1994), sur la maintenance des écrits (Denis et Pontille, 2010), sur la rédaction de modes d'emplois (Akrich et Boullier, 1991), sur les pratiques d'écriture des éducateurs spécialisés (Delcambre, 1997), sur la généralisation des supports power point (Jeanneret, 2007a). Que nous apprennent ces études autour de la mise en écrit dans les organisations ?

2.2.2. Réflexions autour de la mise en écrit (d'écrans)

Un constat qui semble être partagé par de nombreux chercheurs est que la généralisation de l'écrit tend à devenir le support de l'action et un moyen de la contrôler. La place grandissante qui est accordée à cette mise en écrit dans les organisations donne, selon Michèle Grosjean et Michèle Lacoste (1998), un caractère stratégique au traitement de l'information : « l'écrit se généralise, devient le support de l'action et apporte une protection juridique » (p.439). Là où l'oral est sujet à l'oubli, à une absence de trace, à des possibilités d'incompréhension (d'autant plus dans le domaine aérien où les échanges s'effectuent à distance via des fréquences radios soumises aux parasitages), l'écrit, soulignent-elles, dénote une marque de sérieux et de crédibilité. Il permet de fixer les échanges, autorise la remémoration par consultation différée, et se prête bien à un système de contrôle.

❖ Les écrits comme moyen de traçabilité : entre renforcement de la visibilité et construction de l'invisibilité

En explorant les écrits de travail, certaines recherches ont mis en évidence le rôle de l'écrit en matière de traçabilité. La traçabilité consiste « à affecter à un produit physique (produit, matériau, composant, sous-ensemble...) ou à une opération (de fabrication, contrôle, essais...) une ou plusieurs informations significative(s) (date, n° de moyen utilisé, identification de l'opérateur, n° de lot, n° individuel...) permettant en cas de besoin et moyennant une recherche plus ou moins complexe selon les systèmes d'obtenir des informations pouvant être exploitées sur le plan statistique et/ou qualité, et/ou fiabilité » (Pillet⁵⁹, 1983, cité dans Fraenkel, 1993, p.29). Dans un contexte marqué par la diffusion des certifications de la qualité et par le développement de normes internationales, l'écrit se retrouve ainsi au centre de la traçabilité en permettant de sauvegarder et de fournir les traces des actions. Et l'informatisation « a accentué cette tendance en devenant le vecteur d'une vaste procéduralisation qui se veut au service de la fiabilité, de la qualité, de l'harmonisation entre les pratiques organisationnelles » (Grosjean et Lacoste, 1998, p.440). L'enjeu consiste à pouvoir déterminer avec précision les actions qui ont été menées et vérifier que celles-ci correspondent aux normes qui ont été établies. « Si dans toute organisation de production, il y a une part plus ou moins grande réservée à la traçabilité, le degré de finesse de celle-ci dépend du niveau de qualité requise » (Fraenkel, 1993, p.30). On comprend dès lors que dans un domaine aussi exigeant en matière de qualité-sécurité que celui de l'aérien, les systèmes de traçabilité se développent et s'informatisent. Des chaînes de production des avions jusqu'à la trace des avions en vol, l'enjeu consiste à pouvoir suivre, enregistrer tout un ensemble de « données » qui pourront alors, le cas échéant, contrôler la qualité et la sécurité des activités. Cet enjeu de traçabilité s'accroît et s'équipe de systèmes techniques capables de rendre (des) compte(s) des activités. Nous verrons notamment au cours de notre analyse (chapitre 6) comment une des fonctionnalités du système technique AGDL (à savoir, l'ADS) a notamment été pensé dans ce sens.

L'informatisation « a permis de prolonger le cadre ainsi constitué des textes officiels et professionnels en lui donnant forme dans un outil ; elle l'équipe et permet un contrôle renouvelé des traces » (Mayère et al., 2012). Mais tandis qu'elle permet de mettre en visibilité

⁵⁹ Pillet P, (1983), La traçabilité, facteur de qualité, Présenté à *traçabilité, déverminage, fiabilité*, Association française des qualificateurs, Paris.

certaines aspects de l'activité, elle participe conjointement à mettre en invisibilité une partie du travail de l'information. En effet, ce qui est mis en visibilité au travers de cette équipement et de cette procéduralisation se réduit à quelques dimensions de l'activité supposées les plus indispensables et les plus nécessaires, cela participant ainsi à masquer tout un ensemble d'autres écrits et activités qui vont se déplacer et se développer dans le « travail invisible » (Denis, 2009). Comme le souligne Jérôme Denis et David Pontille (2012) :

« La science, comme le droit, comme l'administration (Yates, 1989)⁶⁰ s'appuient sur des armées d'ouvriers de l'information qui manipulent jour après jour des traces, des dossiers, des fichiers essentiels à la performance quotidienne du monde. Or l'avènement de l'informatique et des réseaux semble faire à nouveau disparaître du tableau ces travailleurs, leurs outils et leurs matériaux, par le biais d'effets de transparence devenus monnaie courante. L'accès à l'information, quelle qu'elle soit, tiendrait désormais dans la simple requête d'un mot clé dans un moteur de recherche, voire dans la magie d'un double-clic. L'informatisation se présenterait comme une entité naturelle et objective qui serait disponible en tous lieux et sans effort » (p.2).

Il nous semble que les outils dont on dote les pilotes et les contrôleurs reposent sur cette conception de l'immédiateté de l'information en postulant que le travail d'articulation nécessaire à la conduite de l'activité est comme pré-résolu puisque pré-inscrit dans les systèmes techniques.

❖ L'écrit comme script de l'action

De la mise en œuvre des démarches qualités et de la normalisation émergent des injonctions relatives aux actions qui doivent être menées. Les réglementations, les procédures, les manuels sont autant d'écrits qui viennent en effet pré(in)scrire les façons d'être et d'agir dans les organisations. Ils agissent tel des « scripts » ou des « scénarios » (Akrich, 1987) qu'il s'agit de suivre si l'on veut être en conformité avec les normes établies (qui peuvent faire l'objet d'un contrôle). L'enjeu consiste à pouvoir mettre en forme et mesurer un ensemble de pratiques. Les objets et systèmes techniques prolongent et intègrent ces enjeux en préinscrivant la façon dont doivent être menées les activités. Dans son étude *comment décrire les objets techniques* (1987), Madeleine Akrich nous invite à ne pas voir dans les objets techniques que des appendices d'un dispositif politique pré-existant mais à considérer que

⁶⁰ Yates JoAnne, (1989), *Control Through Communication: the Rise of System in American Management*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.

« les objets techniques ont un contenu politique au sens où ils constituent des éléments actifs d'organisation des relations des hommes entre eux et avec leur environnement » (*ibid.*, p.49)

« Par la définition des caractéristiques de son objet, le concepteur avance un certain nombre d'hypothèses sur les éléments qui composent le monde dans lequel l'objet est destiné à s'insérer. Il propose un script, un scénario qui se veut prédétermination des mises en scènes que les utilisateurs sont appelés à imaginer à partir du dispositif technique et des pré-scriptions (notices, contrats, conseils...) qui l'accompagnent » (*ibid.*, p. 51).

Dans son étude, Madeleine Akrich s'intéresse, d'une part, à la façon dont les technologies (et leurs notices) dont on dote les acteurs pour mener à bien leur activités portent en eux des scénarios pensés par d'autres et d'autre part, à la façon dont ceux-ci sont mis en scène par les utilisateurs. C'est précisément cette prescription que nous proposons d'étudier sur notre terrain, ainsi que les questions qui en résultent au plan de la mise en pratiques.

3. De l'agentivité des artefacts et systèmes techniques

3.1. Penser l'agentivité des artefacts

Penser l'agentivité des artefacts, c'est reconnaître que l'action et l'agentivité ne sont pas uniquement des dispositions humaines mais que les artefacts, les outils sont porteurs de logiques et de principes qui jouent un rôle dans le fonctionnement des collectifs et dans l'aboutissement d'une activité ou d'un projet⁶¹.

« Les objets techniques définissent dans leur configuration une certaine partition du monde physique et social, attribuent des rôles à certains types d'acteurs – humains et non-humains – en excluent d'autres, autorisent certains modes de relation entre ces différents acteurs etc... de telle sorte qu'ils participent pleinement de la construction d'une culture, au sens anthropologique du terme, en même temps qu'ils deviennent des médiateurs obligés dans toutes les relations que nous entretenons avec le "réel" » (Akrich, 1987, p.49).

Cette thèse, défendue par Michel Callon et Bruno Latour (1986) et Madeleine Akrich (1987) consiste à sortir de la vision selon laquelle les technologies, les artefacts, les machines ne seraient que de simples instruments assujettis à l'intentionnalité des humains qui les utilisent dans la conduite de leur activité. En développant la théorie de l'acteur-réseau, ces

⁶¹ Ce que nous montre l'étude faite par Callon, 1986, sur le projet de culture de coquilles Saint-Jacques dans la baie de Saint-Brieuc

auteurs ont mis en lumière que « tout collectif – tout réseau, au sens de Callon et Latour – dépend de l'intéressement ou de la mobilisation d'un ensemble d'acteurs aux ontologies variables, mais liées » (Cooren et Robichaud, 2011, p.161). L'origine de la réussite ou de l'échec d'un projet n'est ainsi à rechercher ni du seul côté des humains, ni du seul côté des artefacts mais dans la relation qui s'est co-construite entre acteurs humains et « non-humains », tous deux étant impliqués dans le fonctionnement du collectif.

« Les non-humains ne peuvent être considérés comme de simples ressources ou contraintes (...) ils relancent l'action dans des directions inattendues » (Callon et Law, 1997).

Dans cette perspective, « la pensée de l'acteur-réseau est donc une pensée de l'hybridité et des liaisons, pensée qui, comme c'est le cas chez Follett, met de l'avant l'aspect co-construit de tout phénomène collectif » (Cooren et Robichaud, 2011, p.161). L'agentivité n'est ainsi pas spécifique aux seuls êtres humains, mais constitue une propriété transitive et transitoire, toujours contingente et précaire, qui prend forme dans des inter-relations d'humains et de non humains (Bruni, 2005 ; Mayère et al., 2012). Dès lors, il peut être considéré que le monde organisationnel est un « plenum d'agentivité » (Cooren, 2006), défini et construit par le résultat des associations entre humains et « non humains ».

En adoptant cette perspective, il ne s'agit pas non plus de penser qu'humains et non-humains s'équivalent dans l'absolu, ni d'affirmer que les non-humains tiennent une place aussi importante que celle des humains dans le fonctionnement (réflexif) des activités, mais qu'il est utile pour comprendre le monde organisationnel, de considérer la mise en rapport des humains et des non-humains, des « associations socio-techniques »⁶².

Sans souscrire à l'ensemble de la théorie de l'acteur-réseau, il s'agit, dans le cadre de notre étude, de ne pas envisager l'unique co-production des acteurs lorsque l'on parle de communication mais d'étendre cette agentivité aux « non-humains » et ici plus particulièrement, aux systèmes techniques. Avec le déploiement de systèmes techniques de plus en plus totalisants, cette question de l'agentivité des artefacts est comme reposée et démultipliée par le fait qu'il s'agit en fait d'une combinaison de systèmes de plus en plus intégrés et complexes, comme c'est le cas pour le système technique informationnel actuellement déployé dans le milieu aérien. En posant la question de l'agentivité et de la

⁶² Atelier *éthnographie des associations socio-techniques*, journée d'étude du 11 juin 2013, Université Toulouse 2, sous la coordination de Franck Cochoy et d'Anne Mayère.

matérialité des systèmes techniques nous entendons nous intéresser à la façon dont s'effectue cette relation entre humains et « non-humains », à la place et au rôle qui est accordé au système technique informationnel dans les activités de production d'information et de communication.

3.2. Vers un déploiement de systèmes techniques intégrés : les études autour des ERP

Nous proposons ici de nous intéresser aux études qui ont été menées ces dernières années autour de l'intégration des technologies dans les pratiques de travail. Nous portons plus particulièrement notre attention sur certaines recherches qui se sont intéressées aux problématiques liées à l'arrivée d'un système d'information particulier en contexte organisationnel : les ERP (*Enterprise Resource Planning System* – ou progiciel de gestion intégré). Au cours des dernières décennies de nombreuses entreprises ont en effet implanté ce type de technologies qui sont des logiciels paramétrables, modulaires et intégrés qui permettent de mettre en réseau potentiellement toutes les informations qui circulent au sein d'une entreprise en unifiant l'ensemble des bases de données liées aux différentes fonctions de l'entreprise (Grabot, 2009). Nous proposons d'explorer quelques études menées dans ce cadre là, dans la mesure où celles-ci interrogent la façon dont la technologie travaille l'organisation ; thématique qui nous intéresse tout particulièrement. Par ailleurs, nous établissons quelque part un lien entre ces systèmes d'informations et le système technique développée dans l'aérien en ce qu'ils sont tous deux animés d'une volonté d'harmonisation et d'unification des pratiques basée sur un recours aux « écrits d'écran » (Jeanneret et Souchier, 1999).

Pour traiter de ce sujet, nous retenons trois études qui nous semblent proposer des pistes de réflexions intéressantes : l'étude de Carole Groleau (2008), celle de Rosio Alvarez (2008) ainsi que celle d'Anne Mayère et d'Isabelle Bazet (2004). Dans ces travaux la focale est mise sur les interactions entre les membres et composantes de l'entreprise et sur la manipulation d'entités matérielles par les individus et les collectifs. Le questionnement s'articule particulièrement autour des implications que peut avoir l'implantation d'une technologie pensée et organisée par d'autres que ceux qui sont destinés à l'utiliser.

3.2.1. Les ERP comme reconfiguration des régularités

La recherche menée par Carole Groleau (2008) porte sur l'implantation d'un ERP dans un centre hospitalier ; l'objectif est d'unifier les pratiques des différents services intervenant

dans la prise en charge des patients. Elle s'intéresse plus particulièrement à l'informatisation du travail des commis en comptabilité : la carte comptable, initialement présentée sous format papier (une fiche jaune) et qui est utilisée par les commis de la comptabilité, est remplacée par un système informatisé. Dans le cadre de cette recherche, Carole Groleau part du postulat que « les connaissances et informations intégrées dans les artefacts sont organisées selon une série de repères de manière à pouvoir permettre le type d'activité pour lequel ils ont été conçus » (Groleau, 2011, p.240). La notion de régularité, qu'elle emprunte à Edwin Hutchins (1995), fait référence aux repères avec et sur lesquels les individus prennent appui pour mener leur activité. Dès lors, son regard se porte sur la configuration des régularités inscrites dans l'outil informatique et à la façon dont cela influe sur le sens qu'attribuent les commis à leur activité. Pour mener cette recherche, elle propose de procéder à une étude comparative de ces deux artefacts (la fiche jaune et le logiciel) avant et après l'informatisation. Elle en dégage trois constats principaux. Dans un premier temps, elle montre que tandis que les informations contenues dans la carte comptable papier et celles affichées à l'écran sont identiques, leurs organisations sont quant à elles bien différentes, ce qui participe à déstabiliser les commis dans la conduite de leur activité. Cette activité, nous dit-elle, « repose sur une logique transactionnelle où les régularités sont organisées selon une série de questions : qui, quoi, quand et combien, se rapportant aux parties engagées dans la transaction, à l'objet, et à la fréquence de la transaction ainsi qu'à la rétribution financière liée à l'échange de service » (Groleau, 2011, p.241). Initialement regroupées sur la seule carte comptable, ces informations sont désormais mises en écran et réparties sur quelques écrans. La difficulté pour les commis prend forme dans la non visibilité immédiate de l'ensemble de ces informations. En effet, la fragmentation des informations de part de d'autre du logiciel ne permet plus aux commis d'avoir une vue globale et immédiate sur l'ensemble des informations nécessaires pour faire sens de la situation des patients.

Dans un deuxième temps, Carole Groleau constate également que, sous-tendus par une logique d'uniformisation du traitement des dossiers des patients par l'ensemble des services qui auront à les prendre en charge, ces changements perturbent le classement des documents : tandis que sous leurs formes papier les documents étaient classés par patients (qui), ils sont désormais, sous forme électronique, classés par séjour (quoi). Cette logique intégratrice, nous dit-elle, tend à modifier le rapport qu'entretiennent les commis à leur activité. En effet, les régularités sur lesquelles les commis prenaient appui sont désormais réorganisées et leur posent des difficultés dans la conduite de leur activité.

Enfin, Carole Groleau remarque que dans le travail de traitement des paiements, une difficulté émerge également : elle a trait à une modification de la fréquence de la transaction financière. Initialement, lors des paiements des hébergements, les commis percevaient les règlements et les annotaient sur leur carte comptable papier selon une logique mensuelle. Avec l'outil informatique, les modalités de calculs comptables ont été modifiées et s'effectuent désormais sur la base d'une nouvelle unité de mesure de temps. Dans son analyse, Carole Groleau met ainsi en évidence que la modification des technologies tend « à reconfigurer les logiques d'action, lesquelles prennent forme dans les interactions et les artefacts (...); artefacts qui contribuent à cadrer la situation de travail » (2011, p.241). Néanmoins, Carole Groleau ne prêche pas pour une vision déterministe de la technologie. En effet, elle souligne que des ajustements, des contournements sont possibles. Dans son étude, elle montre ainsi comment les commis tentent de recréer des régularités qui font sens pour eux par la création d'une « fiche bleue » sur laquelle ils inscrivent les informations qui sont essentielles pour eux et complémentaires à celles présentées à l'écran.

L'étude menée par cette auteure nous amène ainsi à réfléchir sur les régularités sur lesquelles prennent appui les pilotes et les contrôleurs dans la conduite de leur activité et de tenter d'identifier les nouvelles configurations de ces régularités telles que proposées, inscrites dans le système technique déployé. Nous verrons notamment que le passage du strip papier au strip numérique tend à modifier les pratiques de travail des contrôleurs aériens qui tentent alors de recréer des régularités qui leur permettent de faire sens de la situation.

3.2.2. Les ERP comme reconfiguration des territoires et des identités

La recherche menée par Rosio Alvarez (2008) porte sur une grande université américaine marquée par l'arrivée d'un système ERP. Cette étude examine la relation entre l'utilisation de la technologie (ou sa non utilisation : *technology use or misuse*), la structure organisationnelle et l'identité des parties prenantes. Rosio Alvarez montre que tandis que la technologie en projet – la technologie en tant que « phénomène imaginaire » (*technology as imaginary phenomenon*) – a reçu un soutien fort de la part des futurs utilisateurs, la technologie en tant qu'artefact (*technology as artifact*), quant à elle, c'est à dire celle qui a effectivement été intégrée aux pratiques de travail, a fait l'objet d'un rejet de la part des utilisateurs. Dans cette étude, le milieu de travail est appréhendé comme un environnement discursif dans lequel parler est une action. Le discours est défini comme produisant « des connaissances qui s'institutionnalisent, ce qui a pour effet d'orienter les pratiques en milieu de travail. Il construit simultanément la réalité sociale de l'organisation et l'identité des

membres » (Groleau, 2011, p.242). Le système ERP est ici abordé « comme un ensemble de pratiques inscrites dans un processus intégré qui prend forme dans le logiciel ; [et où] régulation et intégration sont deux facettes importantes de cette technologie » (*ibid.*). Dans sa recherche empirique, Rosio Alvarez s'intéresse plus particulièrement au travail des commis chargés de l'inscription des étudiants aux cours qu'ils souhaitent suivre durant leur cursus. Le cœur de son analyse s'articule autour des tensions, des incertitudes qui émergent chez les commis lorsque les pratiques de travail qu'ils ont instauré et celles inscrites dans la technologie ne se recouvrent pas. Il met particulièrement l'accent sur la façon dont cela tend à reconfigurer l'identité et les relations de pouvoir des commis dans la conduite de leur activité. Les commis chargés de l'inscription des étudiants revendiquent leur contribution à l'orientation des étudiants dans le choix de leurs cours ; contribution dont ils se voient dépossédés depuis l'arrivée de la technologie. En effet, en accédant aux dossiers des étudiants, les commis avaient pour habitude, au delà de la tâche qui leur était initialement confiée, de conseiller les étudiants quant aux cours qu'il serait pertinent de suivre en fonction de leur cursus, de leurs spécialités, etc. Or, depuis l'arrivée de la technologie, la consultation de ces dossiers est limitée du fait de la fragmentation des informations. N'ayant plus accès à l'ensemble des informations (y compris celles relatives aux spécificités des différents départements), les commis ne sont plus en mesure d'effectuer leur fonction d'aide et de soutien ; fonction qu'ils considèrent pourtant comme essentielle pour les étudiants et valorisante pour leur activité. Dès lors, les commis sont contraints de rediriger les étudiants vers les départements de référence. Rosio Alvarez souligne que les commis font état d'une perte de contrôle sur leur activité ; la nouvelle dépendance des commis vis à vis des autres acteurs du département participe, selon lui, à une baisse de leur autonomie.

Cette perte de contrôle se manifeste également dans une autre situation ; celle d'une perte de pouvoir discrétionnaire lors de la sélection des critères de priorité des étudiants au cours de leurs inscriptions. En effet, il était laissé à la libre appréciation des commis la possibilité de déterminer et de répartir l'allocation des cours en fonction du profil des étudiants (la priorité pouvait, par exemple, être donnée aux étudiants de dernière année par rapport à ceux qui débutaient le programme). Rosio Alvarez relève que ce pouvoir discrétionnaire participait de l'identité des commis en tant qu'arbitres de l'équité. Or, le logiciel nouvellement installé est programmé pour effectuer une sélection sur la base du « premier arrivé, premier servi » ; ce que les commis dénoncent fortement. Des pratiques de contournement du système ERP ont dès lors été déployés par les commis : elles consistent à

continuer d'inscrire manuellement les étudiants de façon à ne pas soumettre le choix de l'allocation des cours à l'algorithme du logiciel (reflet de la nouvelle règle d'attribution). Cette façon de faire permet ainsi aux commis de regagner une partie de leur autonomie.

Dans cette étude, Rosio Alvarez montre comment l'ERP intervient directement dans la structuration des activités en intégrant des règles, des « best practices » qui reflètent avant tout les intérêts des gestionnaires, et qui tendent à limiter, à réduire l'action des personnels en charge de la conduite des opérations. Il met notamment l'accent sur la façon dont l'ERP façonne les perceptions de l'identité des travailleurs. En s'appuyant sur les écrits de Foucault (1979, 1982), Alvarez nous dit qu'il est ainsi possible de considérer l'ERP comme une technologie de pouvoir ; « technologie qui offre le potentiel pour diriger, gouverner, tenir en échec, en somme, pour administrer les actions des utilisateurs » (Alvarez, 2008, p.14 du document).

Dans le cadre de notre recherche, l'étude de Rosio Alvarez nous semble intéressante en ce qu'elle nous permet de questionner la façon dont la technologie participe, ou non, à reconfigurer les relations de pouvoir entre les acteurs et entre les acteurs et le système technique (agentivité), ainsi que la reconfiguration de l'identité professionnelle des pilotes et des contrôleurs. En effet, nous verrons que le système technique actuellement déployé occupe une place de plus en plus importante, notamment dans le cockpit où l'automatisation des tâches s'accroît. Nous verrons que cela tend à recomposer les territoires d'intervention des pilotes dans la conduite de leur activité, les amenant à se questionner sur leur place et leur rôle au sein du cockpit. Par ailleurs, nous verrons également, que le système technique tend à redistribuer l'information en donnant le primat du suivi des vols, aux contrôleurs.

3.2.3. Les ERP comme équipement de la rationalisation

De manière convergente, les recherches menées par Anne Mayère et Isabelle Bazet (2004), mettent l'accent sur la formalisation des « best practices » dans les progiciels de gestion intégré. En menant une recherche dans un groupe industriel internationalisé spécialisé en électronique (nommé Electronic par les auteures) et au sein duquel a été déployé un ERP, elles s'interrogent plus spécifiquement sur le travail d'organisation (de Terssac et Lalande, 2002) ; travail au cours duquel « des inventions se transforment en innovations organisationnelles, avec leur “doctrine”, leurs normes, la construction de groupes d'innovateurs en charge du déploiement pour aboutir à sa généralisation » (Mayère et Bazet, 2004, p.108). La focale qu'elles ont choisi de traiter a ceci d'intéressant qu'elles se

concentrent, tout particulièrement, sur les logiques d'insertion à l'origine de la mise en œuvre d'un système ERP. Pour cela, elles ont privilégié l'étude des moments précis de l'implantation d'un nouvel artefact en contexte organisationnel en ce qu'ils sont révélateurs des réflexions menées autour de ce projet : « ce que le projet est et ce que l'on souhaiterait qu'il soit » (*ibid.*). Par ailleurs, elles ont observé et participé, de l'intérieur, aux formations destinées aux travailleurs afin d'appréhender les questions que pose l'outil en contexte d'utilisation. Dans un travail antérieur (Bazet, 2002), une première réflexion avait été menée sur le lien qui existe entre les « dispositifs organisationnels » et l'action afin d'identifier « ce qu'ils font aux individus et ce que ces derniers en font » (Mayère et Bazet, 2004). Ces auteures proposent ainsi, ici, de poursuivre plus avant leur questionnement sur la construction de l'efficacité telle qu'envisagée par la direction du groupe ; démarche qui consiste à recenser les différentes tâches, à établir les processus à mettre en œuvre, et cela afin de concevoir des standards relativement aux « besoins »⁶³ recensés. Leur analyse propose d'aborder les changements à l'œuvre dans les entreprises en terme de renforcement du contrôle équipé par certain type d'outil de gestion (dans ce cas, les ERP). Leur recherche empirique s'articule autour de trois scènes distinctes mises en œuvre par les membres du siège social de l'entreprise en question : la première s'effectue au niveau local, sur chacun des sites de l'entreprise, et consiste à confier à des acteurs relais la mission d'identification des besoins des utilisateurs, tout en veillant à ce qu'ils soient codifiables dans le système technique. La deuxième scène consiste à réunir les partenaires des différents sites d'une même région afin de gérer les ajustements successifs ; lesquels seront consignés pour servir d'appui aux négociations. Ces phases de négociation constituent la troisième scène, phase durant laquelle l'ensemble des partenaires liés au projet devra décider des modalités du projet.

Lors de l'identification des besoins (première phase du projet), les auteures soulignent que les acteurs relais en charge des *interviews* des utilisateurs sont dotés de questionnaires très formalisés et de critères précis dans la caractérisation des besoins : « *un besoin devait être traçable, mesurable, spécifique, accessible, limité dans le temps* » (*ibid.*, p.8 du document ; mis en italique par les auteures). Cette définition, nous disent les auteures, circonscrit les éléments et les situations à prendre en compte ; dès lors, « les schémas interprétatifs à l'œuvre sont ceux des informaticiens, et les utilisateurs sont censés s'y acculturer ». Toutes les situations sont alors censées être prévisibles, il n'y a pas de place accordée à l'ambiguïté et à

⁶³ Mis entre guillemets par les auteures pour souligner que le terme de « besoin » relève du jargon des informaticiens et fait référence au paramétrage requis du progiciel.

l'imprécision qui jouent pourtant un rôle important dans la résolution des problèmes d'organisation (Mayère et Bazet, 2008). Or dans le contexte actuel de diminution des ressources des entreprises modernes, les auteures soulignent que pour être efficaces, ces entreprises doivent être flexibles afin de gérer les interdépendances croissantes (*ibid.*).

« Cette délimitation de ce qui est pris en compte peut être interrogé dans les configurations productives actuelles, à savoir des organisations flexibles, dans lesquelles les ressources en personnel, en matières, en temps sont réduites au minimum, des organisations qui opèrent dans des environnements incertains et fortement évolutifs. Elle postule en effet que toutes les situations peuvent être catégorisées a priori, alors même que leur variabilité s'est accrue, et que l'interdépendance des organisations productives conforte l'incidence possible d'un aléas ou d'un événement particulier. Ces processus standards postulent par excellence le respect des règles. Or le contexte même du fonctionnement actuel des entreprises multiplie les situations qui, sans être totalement hors normes, s'inscrivent aux frontières, dans un entre-deux de l'arrangement, quitte à rétablir a posteriori les enregistrements et validations requise par le règlement » (Mayère et Bazet, 2004, p.114).

Les auteures soulignent que ce qui se met à l'œuvre ici relève d'un postulat taylorien appliqué aux productions d'information ; postulat selon lequel la communication serait inutile et, l'information et son utilisation étant censé être totalement formalisée dans le système d'information, la co-construction du sens de cette information n'est alors pas nécessaire.

« Tout se passe comme si on présupposait que cette organisation par processus était comme « pré-câblée » dans le logiciel, et qu'il suffisait de veiller au respect des contraintes propres à chaque fonction, sans approfondir la question des interfaces, de la cohérence des coordinations et des échanges entre fonctions » (*ibid.*, p.115).

De ce principe d'homogénéisation porté par le management central et qui accompagne la mise en œuvre de l'ERP, émerge une tension relative aux logiques d'utilisation en contexte opérationnel. En effet, la logique gestionnaire et financière – fondée sur un principe de simplification et d'immédiateté – portée par la direction et inscrite dans l'ERP tend à limiter les initiatives locales des opérationnels. L'exemple que les auteures donnent pour illustrer ce constat concerne le cloisonnement des tâches des opérationnels. En effet, dans le module « achats » de l'ERP est effectué une dissociation entre ceux qui émettent une demande d'achat, ceux qui la valident et ceux qui ordonnent le paiement. Cette division des tâches, bien qu'initialement prescrite au sein de l'entreprise avait été détournée par les personnels

concernés qui souhaitent alors établir une relation fournisseur correspondant d'une part, à l'image de marque de leur groupe de rattachement et d'autre part, à l'image de professionnels attentifs au bon accomplissement de leur activité (*ibid.*). Or la mise en œuvre de l'ERP vient réaffirmer cette division des tâches en limitant l'accès aux informations relatives aux tâches adjacentes. Tous les personnels concernés disposent désormais d'un code confidentiel qui leur permet d'accéder au répertoire d'opérations qui les concernent, sans possibilité d'intervenir sur ce qui dépasse leur champ d'attribution. Les liens sociaux initialement tissés par les personnels et garants des ajustements locaux relativement aux spécificités de chaque situation ne sont dès lors plus accessibles.

« Dans cette logique qui vise à cadrer l'activité des personnels, à l'homogénéiser pour faciliter le suivi de l'activité et l'agrégation des indicateurs de gestion, tout ce qui tend à échapper au travail prescrit est considéré a priori comme suscitant des phénomènes parasites, relevant d'une recherche de gratification personnelle. Or ces initiatives locales peuvent constituer une réponse pragmatique et localement efficace au jeu de contraintes dans lequel intervient la mise en œuvre de l'activité » (*ibid.*, p.118).

Nous retenons l'étude d'Anne Mayère et d'Isabelle Bazet en ce qu'elles pointent du doigt la double contrainte qui émergent dans les organisations et qui nous semblent caractéristique de ce qui est actuellement à l'œuvre dans le domaine aérien : d'une part un processus de rationalisation qui tend à disjoindre les temps, les espaces et les acteurs concernés et à anonymiser les échanges, et d'autre part un nécessaire processus d'ancrage dans des lieux et des espaces afin de gérer la diversité des situations. Comme le soulignent les auteures, « ce processus de délocalisation et son corollaire de rationalisation des activités d'information et de communication tendent à dénier l'importance des savoirs en situation, alors même que les organisations contemporaines suscitent de multiples événements et des configurations d'activité en partie imprévisibles » (*ibid.*, p.119).

Un peu à la façon de Rosio Alvarez, l'étude d'Anne Mayère et d'Isabelle Bazet met l'accent sur la façon dont la technologie vient cadrer et rationaliser les pratiques de travail selon une vision gestionnaire qui tend à dénier l'importance des ajustements en situation. Or, comme elles le soulignent, ces ajustements se font de plus en plus nécessaires pour gérer les complexités et les interdépendances croissantes. Dans le domaine aérien, nous verrons que notamment l'intensification du trafic tend à complexifier les situations de travail et participe à renforcer et à multiplier l'imprévisibilité des situations et de leurs enchaînements alors même que l'enjeu des évolutions actuelles consiste en une maîtrise parfaite de l'espace aérien. Et

tandis qu'il est postulé que ces évolutions technologiques sont à même de rapprocher le plan et l'action, nous verrons que les nouvelles configurations ainsi créées nécessitent de nouveaux ajustements.

4. Pourtour de notre objet scientifique : une rationalisation équipée d'artefacts et de systèmes techniques complexes

Dans le cadre de ce travail, nous proposons de saisir les transformations technologiques actuelles comme participant d'un processus de rationalisation des activités de production d'information et de communication. Nous nous inscrivons en cela dans un travail d'équipe qui interroge les processus de rationalisation à la fois des méthodes organisationnelles et des activités de production d'information et de communication. Et nous posons que cette rationalisation repose notamment sur l'équipement des activités par des systèmes techniques informatisés de plus en plus complexes et totalisants.

4.1. Vers une rationalisation des organisations

La rationalisation est un processus qui semble bien rendre compte de ce qui participe de la vision ingénieur que nous avons décrite dans la première partie de ce chapitre. A l'instar de Jean-Luc Bouillon (2009), nous retenons de définir la notion de rationalisation comme « un triple processus intégré d'optimisation, de codification et de justification des activités, se matérialisant au travers de rapports sociaux et économiques, de la relation de pouvoir et de différentes formes de régulations sociales par lesquelles se coordonnent les activités humaines » (p.7 du document).

Selon lui, la rationalisation comme *optimisation*⁶⁴ émerge de la diffusion généralisée et de la volonté renforcée de tendre vers la « rationalité en finalité ». Dans cette optique, il s'agit de déterminer rationnellement les moyens et les buts à atteindre en faisant primer l'efficacité et la cohérence des différentes ressources (matérielles, humaines, techniques) nécessaires pour obtenir le résultat escompté, en prenant appui sur des méthodes rationnelles d'évaluation des meilleurs façons de faire – tel que l'observation, l'expérimentation et le calcul comparatif. Et selon cet auteur, « la standardisation et la normalisation des procédures décrivant les activités, le recours à des artefacts techniques, la division et la spécialisation du travail, la production

⁶⁴ Mis en italique par l'auteur.

d'indicateurs d'évaluation des résultats et de mesure des écarts par rapport aux objectifs, participent de ce mouvement » (*ibid.*, p.7 du document).

La rationalisation, nous dit-il, repose également sur une démarche de *codification*⁶⁵ c'est à dire sur une tentative de mise en objectivité de l'organisation qui se traduit par une mise en écrit de la pensée rationnelle (Goody, 1979). L'enjeu consiste à repérer, à objectiver puis à inscrire en amont des actions les éléments constitutifs de celles-ci afin d'avoir prise sur elles et d'ainsi, construire la « réalité » souhaitée. Dans cette optique, rationaliser consiste à mettre en forme l'organisation au travers d'un ensemble de règles, de procédures, de cadres formalisés.

Enfin, Jean-Luc Bouillon met en avant que la rationalisation implique un processus de *justification*⁶⁶ dont l'enjeu consiste à énoncer et à légitimer les raisons de ces choix rationnels. Il s'agit de faire adhérer les individus aux logiques d'action (ainsi construites et formalisées) qui participent à optimiser leurs activités ; cela, en invoquant la poursuite d'un objectif « plus grand », d'une nécessité commune à mettre en œuvre les principes, règles et méthodes énoncées. Dans le domaine aérien, cette justification du phénomène de rationalisation nous semble s'incarner dans le discours qui fait prévaloir la recherche d'une sécurité maximum. Certes, cet enjeu de sécurité est au cœur des préoccupations des acteurs du système d'activité de la navigation aérienne, mais il nous semble qu'elle vient conforter et justifier le déploiement de règles, de mesures de qualité, de systèmes techniques plus complexes et impératifs.

Dans le contexte actuel de densification du trafic aérien sous-tendu par des enjeux sécuritaires et économiques forts, nous allons interroger la forme que prend cette rationalisation et la place qu'occupent les technologies de l'information et de la communication dans la mise en œuvre de ce mouvement. En effet, équiper les activités de production d'information et de communication n'est pas anodin et les questions liées ne peuvent pas être traitées sur le seul mode de la résistance au changement (Grosjean et Bonneville, 2007b). Comme nous l'avons annoncé au début de ce chapitre, nous soutenons que les TIC que l'on déploie dans les organisations n'ont pas comme unique vocation d'accompagner les transformations des organisations, mais constituent un des moyens utilisés

⁶⁵ Idem.

⁶⁶ Idem.

pour soutenir la mise en œuvre de la rationalisation des activités. Dès lors, cela nous amène à repenser le développement contemporain des TIC.

4.2. Repenser les « techno-logiques » de l'information et de la communication

De manière générale, de nombreux travaux axent leurs objets d'études autour des technologies et plus particulièrement en ce qui nous concerne, autour des Technologies de l'Information et de la Communication. Or, comme le soulignent Anne Mayère et al. (2012), l'acronyme TIC est rarement explicité et souvent employé dans son sens commun, lequel fait référence aux « objets techniques d'information et de communication souvent organisés en systèmes informatisés d'information » (p.120). Cet impensé des « technologies », nous dit-elle, doit être interrogé en ce qu'il ne tient pas compte des logiques, méthodes et autres techniques intellectuelles dont elles sont porteuses. Aussi, compte tenu de la place et du rôle croissant qu'elles jouent dans les organisations contemporaines, est-il nécessaire de repenser ces « techno-logiques » comme relevant d'un construit social en tentant de « déplier » ce qui les caractérise. En effet, comme le souligne Andrew Feenberg (2004), « les technologies ne sont pas seulement des dispositifs efficaces ou des pratiques visant l'efficacité ; elles comprennent également leur contexte dans la mesure où celui-ci est internalisé dans leur conception même et dans leur mode d'insertion sociale » (p.18). En cela, les TIC ne doivent pas être réduites au système technique, il importe également de tenir compte des méthodes et des savoirs qui les composent.

A l'instar d'Anne Mayère et al. (2012), nous proposons de définir les technologies « comme constituées, de façon inter-reliée, des méthodes et objets techniques et des savoirs théoriques et pratiques mobilisés dans leur genèse et dans leur mise en œuvre. C'est donc penser de façon inter-reliée les artefacts, les méthodes prescrites en association ou que les objets techniques viennent en partie "pré-câbler", et les savoirs savants et profanes développés lors de leur conception et de leur usages » (*ibid.*, 2012, p.121). Munis de cette définition des TIC, nous nous interrogeons sur les méthodes et principes inscrits dans ces technologies et sur la façon dont les pratiques mettent à l'épreuve ces technologies en projet. Autrement dit, comment les systèmes techniques postulent (pré-inscrivent) de nouvelles méthodes et de nouvelles connaissances ? Et comment pilotes et contrôleurs développent-ils des méthodes et des compétences en situation, qui ne sont pas forcément celles qui ont été projetées ?

Nous avons montré que le système de pensée et d'action à l'œuvre dans le domaine aérien repose sur une conception mécaniste et essentialiste de la coordination et des productions d'information et situation de communication ; pensée qui postule que c'est par l'informatisation et l'automatisation qu'il va être possible de résoudre les problèmes actuels créés par ce processus continu de densification du trafic aérien et par les enjeux de performance économique et de sécurité. Nous nous interrogeons sur les effets et enjeux de cette rationalisation des activités de production d'information et de communication équipée par les TIC. D'autant plus lorsque l'activité de la navigation aérienne, et plus généralement les activités à contenu prudentiel, qui comportent des dimensions d'imprévu et de forte contingence, sont marquées par une tension permanente entre d'une part les velléités de rationalisation des échanges et d'autre part, la nécessité de préserver les possibilités d'ajustements locaux qui sont inhérents aux questions de coordination. Il s'agit de mieux comprendre comment ces activités à dimension de diagnostic et d'adaptation aux contingences vont être mises au travail pour densifier et optimiser le trafic aérien avec une forte prévalence des projets d'informatisation et d'automatisation.

Notre travail de recherche s'articule autour de la question suivante :

Dans des activités à fort contenu prudentiel, comment les activités de production d'information et de communication sont-elles insérées dans un projet de rationalisation équipé par des systèmes techniques, et comment ces « technologiques » sont questionnées par les mises en pratiques ?

Pour répondre à cette question, nous spécifions dans le chapitre suivant notre cadre d'analyse en nous appuyant sur la théorie de l'activité de Yrjö Engeström (1987). Celle-ci nous permet d'appréhender les transformations socio-techno-historiques et d'ainsi penser les processus organisant comme imbriqués dans des évolutions sociétales plus globales et plurielles avec lesquelles les opérationnels auront à mettre en œuvre leurs activités. Cela nous amènera, dans le chapitre 5, à mettre en évidence la montée en puissance des logiques économiques et gestionnaires qui visent à mettre en forme l'activité de la navigation aérienne et ce, notamment à l'aide de la mise en œuvre de nouveaux systèmes techniques qui portent une certaine conception de ce que doit être l'activité. Pour « déplier » davantage ce en quoi ces systèmes techniques participent d'une mise en forme des activités de production d'information et de communication, nous nous attacherons à explorer leurs « architectes » en pratique (Jeanneret et Souchier, 1999).

PARTIE 2

Construction théorique et méthodologique des objets de la recherche

Chapitre 3

***Penser l'articulation technologie-organisation
au travers de la théorie de l'activité... p.99***

Chapitre 4

Construire les objets de la recherche... p.126

Chapitre 3

Penser l'articulation technologie-organisation au travers de la théorie de l'activité

Dans ce chapitre, nous souhaitons rendre compte des courants théoriques qui ont progressivement fondé notre recherche et qui nous ont permis de spécifier les outils conceptuels nécessaires pour l'étude de notre objet de recherche. S'agissant d'étudier le déploiement des technologies dans les organisations, nos lectures se sont tournées vers les travaux qui ont été menés ces dernières années sur la place et le rôle des technologies dans les organisations. Il s'agissait, pour traiter de notre objet d'étude, de nous concentrer sur des cadres d'analyse nous permettant d'appréhender la façon dont les outils techniques prennent place dans un collectif et sont mobilisés par les individus dans la conduite de leurs activités en s'interrogeant sur les effets sociaux et organisationnels qui en résultent. Aussi nous sommes-nous intéressée à trois cadres d'analyse de référence, popularisés selon différentes temporalités par des courants de recherche : celui de la sociologie des usages, celui fédéré par le réseau Langage et Travail, ainsi que celui des *Computer Supported Cooperative Work* (CSCW) et des *workplace studies*, à savoir, l'action située (Suchman, 1987), la cognition distribuée (Hutchins, 1995) et la théorie de l'activité (Engeström, 1987). Pour traiter de notre sujet, nous avons initialement mobilisé le cadre théorique de la cognition distribuée pour aborder chaque sous-ensemble d'acteurs en relation (en considérant le système fonctionnel du pilotage et celui du contrôle), et celui de l'action située, pour interroger les dynamiques entre plans et actions, et le caractère hautement contextualisé de ces actions et des communications qui les concernent. Progressivement, nous avons « migré » vers le cadre d'analyse de la théorie de l'activité en ce qu'elle nous permettait de lier les niveaux situationnels et socio-historiques.

Nous proposons dans ce chapitre de revenir sur chacun de ces trois cadres théoriques afin d'expliquer ce en quoi ils ont retenu notre attention et pourquoi notre choix s'est finalement porté sur la théorie de l'activité comme cadre conceptuel principal ; tout en reconnaissant la valeur des apports des approches de l'action située et de la cognition

distribuée. Dans cette perspective, nous détaillerons davantage certains concepts clés issus de la théorie de l’activité, en nous consacrant plus particulièrement au concept de contradiction développé par Yrjö Engeström (1987) et qui nous permet de nous concentrer sur l’analyse des transformations des pratiques organisationnelles en situation de changement.

1. Vers des *workplace studies*

Au fur et à mesure du développement et de la complexification des technologies, les chercheurs se sont intéressés aux questions liées aux usages, à l’ergonomie, à la coopération médiatisée et aux reconfigurations des pratiques professionnelles en milieu de travail informatisé (Groleau et Mayère, 2009). Dans les années 1980, un collectif de chercheurs issus d’horizons disciplinaires différents s’est rassemblé pour créer le mouvement du *Computer Supported Cooperative Work*. C’est exactement en 1984, à la suite d’un symposium, qu’Irene Greif et Paul Cashman proposèrent cette appellation pour nommer la communauté de chercheurs s’intéressant aux problématiques liées à la présence de la technologie dans le travail collectif. L’intérêt était de faciliter l’interdisciplinarité et la collaboration entre les chercheurs en sciences sociales et les chercheurs en informatique (Heath, Knoblauch and Luff, 2000). Il s’agissait de repenser les interactions médiatisées en dépassant la vision des chercheurs en intelligence artificielle et en sciences cognitives qui avaient alors investi l’étude des interactions homme-machine en se concentrant sur l’aspect individuel du traitement de l’information. Or face à la multiplication des technologies de l’information et de la communication en milieu de travail, il était nécessaire d’explorer leurs implications en contexte d’utilisation. Dès lors, les chercheurs en sciences sociales et en sciences cognitives se sont tournés vers des approches mettant davantage l’accent sur le contexte plus large des interactions médiatisées. L’action située de Lucy Suchman (1987) a été une de celles qui a eu le plus de rayonnement dans les études traitant des interactions homme-machine. Cette auteure pose ainsi les bases pour appréhender la dimension sociale et située de la technologie.

A la suite de ces réflexions, un nouveau mouvement a émergé, à savoir les *workplace studies* (Heath, Knoblauch et Luff, 2000 ; Borzeix et Cochoy, 2008). De la diversité des approches qu’ils mobilisent, celles de l’action située, de la cognition distribuée et de la théorie de l’activité – cadres déjà investis par les CSCW – sont particulièrement mobilisées dans le but de saisir les liens entre les individus, les outils et technologies qu’ils manipulent et leur environnement dans la conduite de leurs activités (Groleau et Bonneville, 2011). Nous proposons dans cette première partie de présenter les cadres d’analyse de l’action située et de

la cognition distribuée ; nous expliquerons dans une deuxième partie le cadre d’analyse de la théorie de l’activité.

1.1. L’action située

L’hypothèse de l’action située s’est imposée dans de nombreux travaux en sciences humaines et sociales, sciences cognitives, en Intelligence Artificielle (IA) et en Interaction Homme-Machine (HCI), notamment à partir de l’ouvrage de Lucy Suchman *Plans and Situated Actions* publié en 1987. Professeure d’anthropologie des sciences et de la technologie au Xerox Parc de Palo Alto, cette auteure critique le paradigme cognitiviste de l’homme comme système symbolique de traitement de l’information en soulignant le caractère contingent de l’activité humaine.

« The insistence on the exigencies of particular situations and emergent, contingent character of action is a reaction to years of influential work in artificial intelligence and cognitive science in which « problem solving » was seen as a « series of objective, rational pre-specified means to ends » (Lave, 1998)⁶⁷ and work that overemphasized the importance of plans in shaping behavior (Suchman 1987). Such work failed to recognize the opportunistic, flexible way that people engage in real activity. It failed to treat the environment as an important shaper of activity, concentrating almost exclusively on representations in the head – usually rigid, planful ones – as the object of study » (Nardi, 1996c, p.72)

De cette vision figée de l’homme comme système d’information sont nées les critiques sur la planification et le rôle fonctionnel des plans dans le comportement humain. Elle se démarque ainsi des courants de pensée qui considèrent que l’action ne serait que la description d’un plan pré-défini. Engagée dans une démarche ethnographique, Lucy Suchman pose l’hypothèse forte que l’action est située et qu’elle est étroitement liée à la situation dans laquelle elle se trouve. Ce postulat a permis de rompre avec les études de « laboratoire » en considérant l’importance de la prise en compte du contexte dans l’action humaine.

« I have introduced the term *situated action*. That term underscores the view that every course of action depends in essential ways upon its material and social circumstances. Rather than attempting to abstract action away from its circumstances and represent it as a rational plan, the approach is to study how people use their circumstances to achieve intelligent action » (Suchman, 1987, p.50).

⁶⁷ Lave, J. (1998). *Cognition in Practice*. Cambridge : Cambridge University Press.

Dans sa théorie de l’action située, Lucy Suchman considère que les individus ont une représentation symbolique de l’action qu’ils effectuent ; c’est ce qu’elle nomme « plans ». Ces plans sont des ressources qui permettent aux individus de se faire une idée du déroulement des actions à effectuer pour résoudre une situation. Lucy Suchman parle de « quelque chose de placé dans la tête de l’acteur ». La notion de plan comporte un caractère rationnel dans la mesure où il renvoie à une représentation précise de l’action avec des étapes à effectuer selon un certain ordre. Le plan est soit une ressource lorsqu’il est produit en amont de l’action (il sert alors d’orientation à l’action), soit un produit *a posteriori* lorsque l’individu réfléchit après coup à la façon dont il a agi (Béguin et Clot, 2004). Mais en aucun cas, le plan ne détermine l’action. Le plan seul ne permet pas de rendre compte de l’action ; en effet, celle-ci émerge du contexte c’est-à-dire des interactions entre les individus et les ressources matérielles, sociales et culturelles à leur disposition. Il existe donc, selon Lucy Schuman, deux types de ressources : les ressources cognitives (les plans) et les ressources communicationnelles (les interactions).

Lucy Suchman accorde une importance toute particulière au contexte en ce qu’il a un caractère imprévisible. Les ressources à disposition des individus changent en fonction de la situation dans laquelle ils se trouvent. Par situation, on doit entendre un ensemble de ressources (cognitives et communicationnelles) et de contraintes qui peuvent toutes, le cas échéant, jouer un rôle significatif dans la réalisation de l’action. A ce titre, nos actions dépendent de la situation ; ainsi, toute action aussi planifiée soit-elle devra s’ajuster aux contingences de l’environnement.

Partant du principe que l’on ne peut connaître totalement l’intention derrière l’action, Lucy Suchman considère que la communication (ou l’interaction, ou la conversation - terme qu’elle utilise indifféremment) va être une ressource essentielle pour faire diminuer cette incertitude. Il y a l’idée d’un « travail ensemble » qui est co-construit au fur et à mesure du déroulement de l’interaction grâce aux éléments de contextualisation. Les ressources pouvant varier d’une situation à l’autre, l’acteur va agir différemment ; sa logique d’action va donc dépendre de la situation.

« Ainsi, le bon déroulement de l’interaction ne repose pas sur la capacité de l’usager à bien compléter un plan préétabli, mais plutôt de continuellement générer et renouveler ses hypothèses de travail et d’exploiter adéquatement les ressources à sa disposition au cours de l’action, en s’adaptant aux évènements, problèmes ou anomalies qui surgissent au fur et à mesure » (Bonneau, 2010, p.93).

Dans ces travaux, Lucy Suchman nous invite donc à analyser la technique en fonction de son contexte d’utilisation. Elle montre que dans leurs interactions, les individus opèrent toujours une interprétation en fonction des circonstances. Ce qui leur permet de s’adapter aux contingences de leur environnement. Et c’est cette capacité interprétative de l’homme qui le différencie de l’automate. En considérant l’organisation comme hautement située, Lucy Suchman nous offre une perspective intéressante pour penser l’intégration d’une technologie, dans la mesure où les pratiques de travail sont toujours fonction des conditions locales et particulières de la situation, qui peuvent ne pas être celles qui avaient été projetées par les concepteurs des systèmes. En cela, Lucy Suchman insiste sur le fait que les procédures et tâches prédéfinies, standardisées et encodées dans les technologies, ne peuvent pas à elles seules rendre compte du travail réel. De même, il n’est pas possible de prédéfinir et de normaliser de manière exhaustive les façons d’interagir des humains avec les technologies.

1.2. La cognition distribuée

L’approche distribuée de la cognition étudie la cognition humaine dans son habitat naturel “*in the wild*” (à la différence des études de laboratoire où la cognition est étudiée “en captivité”) et l’appréhende comme un phénomène « socio-techno-culturel » (Ollagnier-Beldame, 2006, p.18). C’est en combinant ses antécédents en tant qu’anthropologue et ses connaissances de la navigation qu’Edwin Hutchins (1995) propose une nouvelle approche des sciences cognitives que l’on appelle « cognition distribuée ». Il se démarque des autres approches issues des sciences cognitives du fait qu’il considère que l’objet d’étude ne se situe plus seulement dans la tête du sujet mais que l’individu fait partie d’un système fonctionnel plus large incluant son environnement matériel et social. Dans cette perspective de la cognition humaine, l’accent est mis sur l’importance du rôle cognitif des artefacts comme prolongements des capacités de cognition. Hutchins propose donc d’inclure dans un seul système les individus et les artefacts avec lesquels ils interagissent ; il s’agit donc de décrire les propriétés cognitives en termes de structure et de traitement des représentations internes du système et non internes aux individus.

Dans son article *Comment le cockpit se souvient de ses vitesses*, Edwin Hutchins (1994) montre ainsi que pour une étude de l’activité de pilotage, là où d’autres approches de la cognition porteraient leurs analyses sur les représentations internes des individus dans le cockpit (pilote, co-pilote, ...), le courant de la cognition distribuée considère que le niveau d’analyse pertinent doit se porter sur le système dans lequel le pilote, le co-pilote, les autres

personnes présentes (techniciens, personnels navigants) ainsi que les systèmes techniques interagissent, à savoir, le cockpit dans son ensemble. Ce glissement de l’unité d’analyse de l’individu vers le système fonctionnel permet de saisir le caractère distribué de la cognition. En étudiant le processus de mémorisation des vitesses, Edwin Hutchins considère que les pilotes utilisent deux types de représentations : celles qui naissent des supports techniques ou de la parole et les représentations mentales internes. En effet, nous dit-il, « la mémoire du cockpit » n’est pas le seul fait de la mémoire des pilotes. Il met ainsi en évidence le fait que « les dispositifs technologiques affectent invariablement le flux de l’information dans le cockpit. Ils peuvent déterminer les trajectoires possibles de l’information ou les types de transformations structurelles de l’information nécessaires à sa propagation » (*ibid.*, p.471). Les artefacts sont appréhendés en ce qu’ils permettent de faciliter la distribution et l’échange d’information et le partage de représentation.

Edwin Hutchins considère que les différents composants du système, c’est-à-dire les individus et les artefacts, stockent chacun à leur manière une représentation des données circulant dans le système ; ils sont aussi nommés « médias de représentation ». Et selon lui, l’état des différents médias de représentation est modifié au fur et à mesure que ces données se propagent dans le système. La communication est alors ici envisagée comme une forme de cognition dans la mesure où cette propagation s’effectue par divers canaux (visuels, verbaux, non-verbaux, l’action d’un individu) et va modifier l’état de représentation de ces médias. Au cours de sa propagation dans le système, l’information sera stockée, traitée, transformée et coordonnée avec d’autres informations. Edwin Hutchins met ainsi en évidence que la cognition humaine est distribuée de part et d’autre du système fonctionnel entre les acteurs du système et les autres composants externes qui composent leur environnement.

« The consequences of this property of individual cognition for the cognitive capabilities of groups of humans depend almost entirely upon how the group distributes the tasks of cognition among its members » (Hutchins, 1995, p.240).

Dans son ouvrage *Cognition in the Wild* (1995), Edwin Hutchins illustre ses concepts en présentant l’étude comparative qu’il a menée sur la différence des états représentationnels des navigateurs micronésiens et des navigateurs occidentaux. Il montre ainsi comment les techniques de navigation sont des projections d’une structure externe (ex : la disposition des étoiles dans le ciel pour les navigateurs micronésiens ; la carte maritime pour les navigateurs occidentaux) et d’une structure interne de l’image du monde (ex : la capacité, pour les micronésiens, à identifier les constellations ; la capacité, pour les occidentaux, à lire la carte

maritime). Selon lui les processus cognitifs sont des processus culturels et les artefacts portent en eux les traces de cette culture ; ils cristallisent les connaissances et les pratiques des hommes, ce qu’Hutchins nomme « les régularités du monde ». Pour les marins, ces régularités sont les mouvements des marées et des étoiles. Elles sont inscrites dans la structure même de l’artefact (au travers d’icônes puis de codes alphanumériques) et agissent comme des éléments de repère qui orientent l’action humaine selon une configuration particulière qu’il nomme syntaxe (Groleau, 2008). Il introduit ainsi la notion de « syntaxe des artefacts » (1995, p.50).

Carole Groleau (2008) se réfère à cette notion pour s’interroger sur la nature des régularités inscrites dans les artefacts technologiques en milieu organisationnel. Comme nous l’avons montré dans le chapitre 2, elle observe notamment, dans un service de comptabilité, le passage d’un système manuel de gestion des comptes à un système informatisé. Elle montre que les régularités proviennent à la fois des pratiques professionnelles et des pratiques organisationnelles ou culturelles plus larges qui sont identifiables par la façon dont ces régularités sont organisées, hiérarchisées dans les artefacts et participent à réinventer les pratiques de travail (Groleau interviewée par Bonneau, 2010).

« L’activité humaine prend forme à la jonction de différentes logiques dont les repères se matérialisent dans les artefacts (...). La manière dont ces régularités s’articulent à même les artefacts habilite tout en contraignant ceux qui les manipulent. Nous avons observé que les différentes configurations d’une même série de régularités modifient le rapport qu’entretiennent les commis avec leur environnement de travail (...). Penser les technologies à partir de la syntaxe des artefacts nous aide ainsi à percevoir le changement comme une reconfiguration des logiques d’action, lesquelles prennent forme dans les interactions et les artefacts, qui eux-mêmes soit reproduisent d’anciennes façon de faire, soit voient nouvellement le jour au sein des membres de l’organisation » (Groleau, 2008, pp.26-27).

La théorie de la cognition distribuée nous aide ainsi à penser la construction collective de la cognition qui oriente nos actions. Comme le souligne Carole Groleau, « si on fait le parallèle entre les actions collectives et le travail, et si parmi les artefacts, on regarde ceux qui sont technologiques, il est possible de prendre les concepts de la cognition distribuée et de les mettre à notre service » (Groleau interviewée par Bonneau, 2010, p.90).

2. La théorie de l’activité

Dans cette partie, nous présentons le cadre d’analyse qui sera le nôtre, à savoir la théorie de l’activité. Nous reviendrons dans une deuxième partie sur les apports et limites des théories de l’action située, de la cognition distribuée et de la théorie de l’activité et nous expliquerons ce en quoi cette dernière est pertinente pour notre étude.

La théorie de l’activité est issue des travaux menés au début du 20^{ème} siècle par les psychologues soviétiques dont les représentants sont Vygotsky et Leont’ev. Elle s’est fait connaître grâce à la traduction en anglais de l’ouvrage *Activity, Consciousness and Personality* (Leont’ev, 1978)⁶⁸, puis s’est ensuite imposée dans l’espace public international grâce au modèle d’Engeström (1987, 1999). Des trois approches présentées dans cette première partie, la théorie de l’activité est la plus ancienne et sûrement la plus développée (Nardi, 1996c), avec un niveau de complexité que nous n’entendons pas présenter en détail ; il s’agit avant tout de mettre l’emphase sur les concepts principaux qui forgent cette théorie en nous concentrant sur ceux qui sont nécessaires pour notre étude.

2.1. Pour une prise en compte du contexte social, culturel et historique de l’activité

A l’instar des réflexions menées dans le cadre de la cognition distribuée et de l’action située, les théoriciens de la théorie de l’activité ont voulu dépasser les cadres d’analyse de certains courants de la psychologie ou de la socio-psychologie, en postulant que pour comprendre comment les gens apprennent et travaillent, il est nécessaire de ne pas se limiter à une unité d’observation centrée sur l’individu mais plutôt de considérer l’activité comme un « système complexe de médiations socio-culturelles qui sont par nature collectives » (Engeström, 2011, p.171). Cependant, là où l’action située et la cognition distribuée utilisent comme unité d’analyse l’action (ou, dans le cadre de la cognition distribuée, le système mobilisé par l’action), Engeström propose de mettre l’accent sur le contexte social, culturel et historique de l’activité, ainsi que sur son développement au fil du temps. Il s’agit là d’une distinction fondamentale pour les théoriciens de l’activité qui proposent de structurer l’activité en trois niveaux hiérarchiques. Ils distinguent ainsi la notion d’action de celle d’activité puis de celle d’opération (Engeström, 1999) en considérant ce vers quoi ces processus sont orientés – *object-orientedness* (Kaptelini, 1996a). Ils postulent ainsi que

⁶⁸ Leont’ev Alexis, (1978), *Activity, Conciousness, and Personality*, Englewood Cliffs.

l’activité est durable dans le temps et qu’elle est orientée vers une motivation (*motive*) qui est portée par un besoin collectif – ce qu’ils nomment l’objet (au sens d’objectif) qui est visé par l’activité. Cette notion d’objet est essentielle dans la théorie de l’activité dans la mesure où il est considéré comme quelque chose qui donne sens à long terme à l’activité – à la différence de ceux qui le considère comme une tâche immédiate (Engeström, 2011). L’activité peut donner lieu à une multitude d’actions. L’action, quant à elle, est prescriptive et orientée vers un but (*goal*) à relativement court terme. Elle consiste en la réalisation d’une tâche qui est accomplie au travers d’opérations (qui dépendent des conditions nécessaires à son exécution ; ce sont généralement des opérations routinières qui accompagnent la pratique) ; l’action est une sorte de sous-objectif subordonné à l’activité de telle manière que :

« Toute nouvelle activité ne peut émerger que quand un individu s’engage dans une nouvelle forme d’action ; mais d’autre part, les actions ne peuvent généralement être comprises et expliquées sans la mise en perspective de la totalité du système d’activité » (Engeström, 2011, p.171).

Bonnie A. Nardi (1996c), en s’inspirant d’Alexis Leont’ev (1974)⁶⁹, nous propose l’exemple suivant :

« When learning to drive a car, the shifting of the gears is an action with an explicit goal that must be consciously attends to. Later, shifting gears becomes operational and « can no longer be picked out as a special goal-directed process: its goal is not picked out and discerned by the driver; and for the driver, gear shifting psychologically ceases to exist » (Leont’ev, 1974). Operations depend on the conditions under which the action is being carried out. If a goal remains the same while the conditions under which it is to be carried out change, then « only the operational structure of the action will be changed » (Leont’ev, 1974) » (p.71).

La théorie de l’activité tente de dépasser les dichotomies entre micro et macro (Boutet, Chauvin, Gress, 2010) en rapprochant, dans un même temps, à la fois le niveau local de l’action et le niveau social de l’activité, et en postulant que pour comprendre l’action individuelle, il est nécessaire de la replacer dans le contexte plus large de l’activité à laquelle elle participe et contribue.

« Les systèmes d’activités ne sont pas juste des actions individuelles, mais ils constituent aussi des formations systémiques (...). L’activité implique par

⁶⁹ Leont’ev Alexis, (1974), The problem of activity in psychology, *Soviet Psychology*, n°13, pp.4-13.

conséquent des actions individuelles, mais elle n’est en aucun façon réductible à la somme des actions individuelles » (Engeström, 2011, p.171).

L’activité est appréhendée comme un phénomène collectif ; son analyse ne peut donc pas se faire exclusivement au niveau de l’individu mais à un niveau plus global où le système d’activité est composé des actions individuelles, du contexte dans lequel elles s’inscrivent et des artefacts mobilisés.

S’appuyant sur les travaux engagés par Vygotsky (1978) et Leont’ev (1978), Engeström (1987, 1999) considère que la théorie de l’activité a évolué au travers de trois générations. La première approche historico-culturelle de l’activité⁷⁰ initiée par Vygotsky, fixe le concept de médiation en montrant comment les artefacts (qui peuvent être culturels/symboliques ou matériels) opèrent une médiation entre le sujet et la visée de son activité. Conceptualisé sous la forme d’un modèle triangulaire (sujet-outil-visée), il argumente ainsi que la compréhension du comportement des individus ne peut s’affranchir des artefacts qu’ils utilisent. L’outil joue le rôle de médiateur entre les actions cognitives et les activités situées participant ainsi à la transformation de l’activité (Agostinelli, 2010, p.359).

« En ce sens, cette approche s’inscrit dans une « perspective relationnelle » qui considère que toute entité n’a pas d’existence propre en dehors de sa relation aux autres entités (Carlile et al, 2010)⁷¹. Ainsi, les sujets ne font pas que choisir parmi les possibilités offertes par leur environnement : ils créent activement leur environnement à travers l’activité (Bødker, 1991)⁷² » (Bonneau, 2011, p.24).

Vygotsky se focalisant davantage sur l’individu, la deuxième génération, influencée par Leontiev, propose de dépasser le simple cadre de l’activité individuelle en considérant la nature sociale de l’esprit humain. En s’intéressant aux situations de groupe, il préconise ainsi la prise en compte de la dimension collective de l’activité. Sur cette base, Engeström propose alors d’élargir la modélisation triangulaire (Figure 7, p.109) de l’activité en y incluant la notion de communauté qu’il relie au sujet par les règles puis qu’il articule à l’objet par la division du travail. Dès lors, Engeström devient la figure emblématique de la troisième

⁷⁰ *Cultural Historical Activity Theory* » (CHAT) traduit par nous.

⁷¹ Carlile, P.R., Nicollini, A.Langley et H. Tsoukas. (2010). Third Symposium on process Studies: How Matter: Object, Artifacts and Materiality in Organization Studies (Call for papers). En ligne. <http://www.process-symposium.com/>

⁷² Bodker, S (1991). *Through the interface: a human activity approach to user interface design*. Hillsdale, N.J., L.Erlbaum, 169 p.

génération de la théorie de l’activité. En intégrant la dimension collective des systèmes d’activité professionnels et le rôle des communautés de règles et des rôles, la théorie de l’activité rencontre la sociologie des organisations (Licoppe, 2008).

Engeström considère ainsi l’activité comme étant composée de six éléments interdépendants que sont la visée, le sujet, la communauté, les outils, les règles et la division du travail et qui sont formalisés au sein du « triangle d’Engeström » :

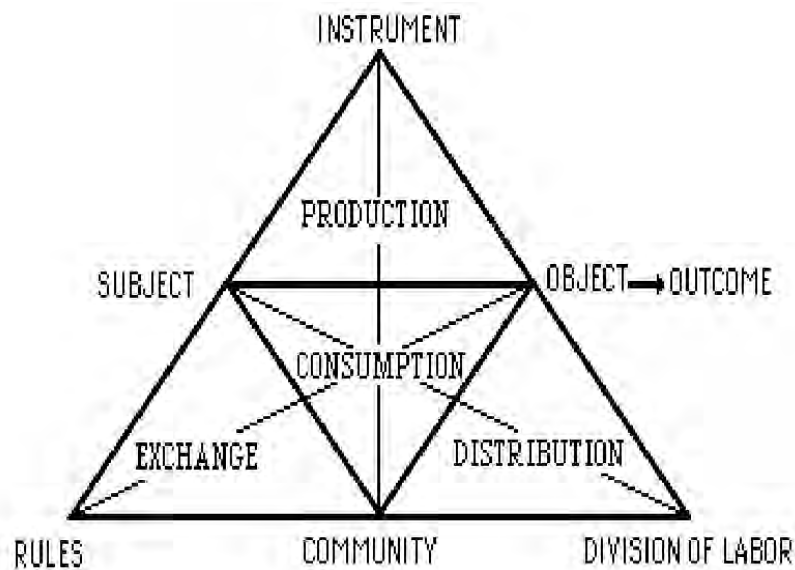


Figure 7 : The Structure of Human Activity (1987)⁷³

L’activité ainsi conceptualisée se veut être un triangle dynamique où chacun des éléments peut avoir une influence sur les autres éléments du système. Toute activité est orientée vers une visée, un objet, qui détermine l’horizon des buts et actions possibles pour atteindre un objectif global - ce vers quoi tend l’activité. Cet objet peut être matériel (une chose) ou immatériel (un plan, un projet, une idée commune). L’existence de l’activité est alors animée par sa motivation à transformer l’objet en résultat (*outcome*). Comme tout horizon, il se transforme quand les acteurs atteignent un objectif (Nardi, 1996c). La médiation qui s’opère entre le sujet et l’objet de l’activité s’effectue au travers d’outils matériels (ordinateurs, téléphone, etc.) et/ou symboliques (langages, signes, artefacts culturels, etc.) permettant ainsi aux individus d’agir sur leur environnement pour arriver à un résultat. Il est en effet assez rare qu’il y ait une relation directe entre le sujet et l’objet de l’activité, celle-ci fait presque

⁷³ Figure extraite de <http://lchc.ucsd.edu/mca/Paper/Engeström/expanding/ch2.htm>

toujours l’objet d’une médiation par les outils ; outils qui peuvent à la fois favoriser et limiter le sujet dans la conduite de son activité :

« The tool is at the same time both enabling and limiting: it empowers the subject in the transformation process with the historically collected experience and skill “crystallized” to it, but it also restricts the interaction to be from the perspective of that particular tool or instrument only ; other potential features of an object remain “invisible” to the subject » (Kuutti, 1996, p.28).

Engeström porte un regard communicationnel sur le collectif dans la mesure où « c’est par la communication que le collectif passe à l’acte pour transformer nos environnements tant matériel que social » (Groleau et Mayère, 2007, p.153).

Le sujet représente les individus ou sous-groupes d’individus qui sont engagés dans l’activité et que l’ « observateur » a choisi d’étudier. Dans cette version du « triangle », la nature collective des activités humaines est représentée d’une part, par l’influence qu’opère la communauté sur le sujet au travers des règles. La communauté représente l’ensemble des sujets (ou sous-groupes) qui partagent le même objet d’ordre général et qui, sans participer directement à l’actualisation de l’activité comme le sujet, influencent le déroulement de celle-ci. Les règles font références aux normes, conventions, habitudes implicites ou explicites qui maintiennent, régulent et limitent les actions et les interactions à l’intérieur du système d’activité. D’autre part, le rôle médiateur de la communauté intervient en ce qu’il façonne l’organisation du « faire ensemble » au travers de la division du travail. Il s’agit là de la répartition horizontale des actions entre les sujets et les membres de la communauté (le rôle de chaque individu dans l’organisation globale du système) et de la hiérarchie verticale des pouvoirs et des statuts (les responsabilités et les relations de pouvoir entre les différents membres de la communauté).

En tenant compte de l’influence des règles et de la division du travail, Engeström a élargi son analyse jusqu’au cadre social et institutionnel dans lequel l’activité s’insère. En cela, il fournit ainsi une base théorique plus large pour traiter des questions liées aux rôles et aux difficultés d’insertion de nouvelles technologies dans des organisations de plus en plus complexes et distribuées. La théorie de l’activité permet ainsi de ne pas uniquement considérer le niveau local de l’action mais de mettre l’accent sur les dynamiques plus globales qui participent aux transformations de l’activité. Initialement conçu comme outil d’intervention destiné à accompagner les individus dans l’analyse de leur travail et dans l’identification des tensions auxquelles ils sont confrontés dans la conduite de leurs activités,

ce cadre d’analyse s’est par la suite avéré être un outil conceptuel intéressant pour penser les dynamiques sociales à l’œuvre dans les organisations (Groleau et Mayère, 2009). Pour traiter de notre sujet, nous avons choisi de retenir certains des concepts issus de cette troisième génération ; concepts que nous allons maintenant détailler en nous appuyant également sur la façon dont ils ont été mobilisés dans les travaux de Bødker (1990), Kuutti (1996), Nardi et Kaptelinin (1996, 2006), Borzeix et Cochoy (2008), ainsi que de Licoppe (2008).

2.2. Penser le design des technologies à l’aune de la théorie de l’activité

La théorie de l’activité a séduit bon nombre de chercheurs s’intéressant au design des technologies. Suzanne Bødker (1990) a été une des premières chercheuses à introduire la théorie de l’activité dans ses travaux sur le design participatif puis dans sa thèse intitulée *Through the interface : A human activity approach to user interface design* (Bødker, 1991). Elle montre que la théorie de l’activité offre un point de vue intéressant pour repenser le design des systèmes technologiques :

« This theory is a very general philosophical framework for understanding the development of human culture and individual personality based on dialectical materialism. A historical understanding of human and societal development is important in analyses based on the framework. The theory can be seen as a framework for understanding the totality of human work and praxis, and the deliberate processes changing this, i.e. a totality encompassing organizational development, design and use of computer artifacts » (Bødker, 1990, p.2 du document⁷⁴).

Dans cette même perspective, l’ouvrage de Bonnie Nardi intitulé *Context and Consciousness : Activity Theory and Human Computer Interaction* (1996), puis celui de Bonnie Nardi et Victor Kaptelinin intitulé *Acting with technology : activity theory and interaction design* (2006) ont également largement influencé les études en interaction homme-machine en réintégrant la technologie dans le contexte plus large de l’activité. En s’appuyant sur le cadre d’analyse de la théorie de l’activité, ces auteurs ont reconnu que la technologie en tant que support de la coopération et des interactions ne devait pas être appréhendée en terme de fonctionnalités techniques mais en terme « d’activité orientée vers une visée ».

« Activity theory offers a set of perspectives on human activity and a set of concepts for describing that activity. This, it seems to me, is exactly what HCI

⁷⁴ En ligne, <http://ojs.statsbiblioteket.dk/index.php/daimipb/article/download/6564/5687>, consulté en juillet 2012.

research needs as we struggle to understand and describe « context, « situation », « practice ». We have recognized that technology use is not a mechanical input-output relation between a person and a machine; a much richer depiction of the user’s situation is needed for design and evaluation » (Nardi, 1996a, p.8).

En effet, la spécificité de la théorie de l’activité a été de focaliser son attention sur la visée de l’activité plutôt que de considérer l’artefact en tant que visée en soi, comme cela peut être le cas d’une grande partie des travaux portant sur le travail et l’apprentissage assisté par ordinateur. Comme nous l’avons évoqué ci-avant, selon Engeström, la relation qui s’établit entre le sujet et la visée de l’activité est médiée par un certain nombre d’outils matériels et symboliques qui ont été culturellement et historiquement constitués par les individus qui les manipulent. La notion d’outil est entendue au sens large afin d’y inclure à la fois les outils techniques, à savoir les entités matérielles, et les outils psychologiques c’est-à-dire les signes et codes qui sont traditionnellement associés au langage (Groleau et Mayère, 2008). Ces outils offrent aux individus les moyens pour agir sur leur environnement et transformer l’objet de l’activité en résultat. Tandis qu’une large part des chercheurs en interaction homme-machine se focalisent encore sur l’utilisateur final individuel, la théorie de l’activité se focalise sur la visée de l’activité en considérant que la technique est emmêlée dans un contexte culturel, historique plus large.

« The computer is just another tool that mediates the interaction of human beings with their environment. The only way to come to an adequate understanding of human-computer interaction is to reconstruct the overall activity of computer use » (Kaptelinin, 1996a, p.111).

Cette perspective a été adoptée par de nombreux chercheurs afin d’identifier les difficultés d’insertion d’une technologie en dépassant le cadre de l’interaction homme-machine et en s’orientant sur des approches contextuelles orientées sur l’activité et les interactions sociales.

« Activity theory’s emphasis on social factors and on the interaction between people and their environments explains why the principle of tool mediation plays a central role within the approach » (Kaptelinin et Nardi, 2006, p.70).

De plus, une des perspectives fondamentales de la théorie de l’activité réside dans son approche socio-historique. En effet, elle propose de dépasser le cadre de l’accomplissement situé de l’activité : « le sujet de l’activité s’approprie dans le cours de ses actions l’expérience de l’ensemble des autres personnes qui se sont confrontées à des problèmes similaires et ont inventé ou modifié les instruments qu’ils utilisent pour les rendre plus efficaces. L’usage des instruments est donc l’occasion d’une transmission de connaissances sociales, historiquement

accumulées et culturellement produites » (Licoppe, 2008, p.292). Les outils favorisent ainsi la transmission de façons de faire (Groleau interviewée par Bonneau, 2010).

« Tools are created and transformed during the development of the activity itself and carry with them a particular culture – historical evidence of their development. So the use of tools is an accumulation and transmission of social knowledge » (Kaptelinin et Nardi, 2006, p.70).

L’introduction ou la transformation des outils au sein de l’organisation peut entraîner une réactualisation des règles et une reconfiguration de la division du travail.

Par ailleurs, une des caractéristiques de la troisième génération de la théorie de l’activité est la prise en compte du fait que les systèmes d’activité sont des systèmes ouverts qui s’influencent les uns les autres en formant des réseaux qui peuvent interagir entre eux autour d’une visée commune (Figure 8). Chacun des systèmes d’activité en présence est orienté vers sa visée afin d’accomplir un résultat qui, pour être réalisé, s’articule autour d’un objectif commun aux deux systèmes d’activité. Nous considérons, dans notre chapitre 5, que l’activité de la navigation aérienne repose sur l’interaction entre deux systèmes d’activités : celle du pilotage et celle du contrôle. Engeström parle « d’inter-organisation orientée objet » pour décrire ces activités en réseaux qui partagent une même visée d’ordre général.

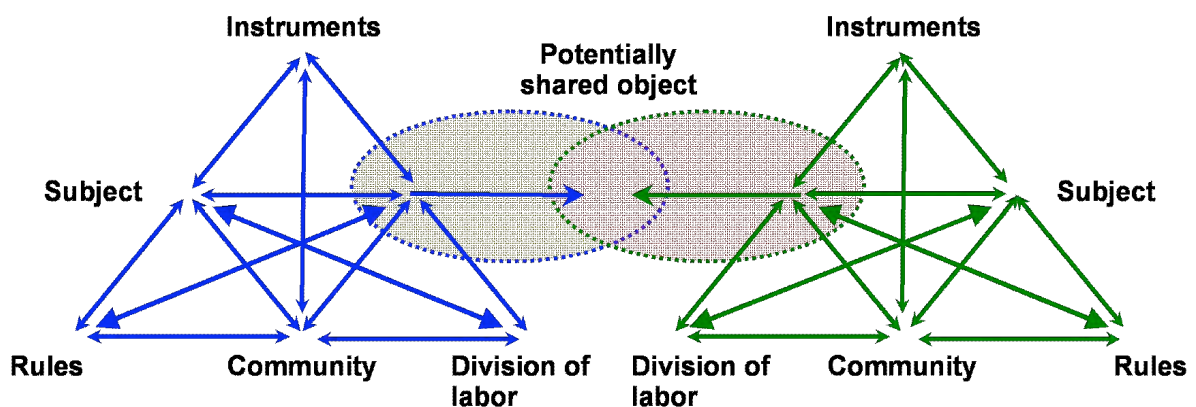


Figure 8 : Deux systèmes d’activité en interaction partageant leur visée (Engeström, 2009b, p.305)

Dans cette configuration, un système d’activité peut ainsi être influencé par les règles et outils d’un autre système d’activité ; ce que nous analysons plus spécifiquement dans le chapitre 5. Cette modélisation triangulaire nous permet de décrire les systèmes d’activité et

rendre compte des interactions qui ont lieu à l’intérieur et entre ces systèmes d’activité. De manière plus dynamique, elle permet de rendre compte de l’évolution socio-historique de l’activité au travers de l’identification des tensions et des contradictions qui participent du développement de l’activité collective ; il s’agit du concept de contradiction.

2.3. Le concept de contradiction

Un des concepts clés qui guide la pensée d’Engeström, est celui de « contradiction », qu’il emprunte à Ilenkov (1977) et plus en amont à Marx, et qu’il utilise pour désigner les dynamiques conflictuelles qui font surface à l’intérieur et/ou entre les systèmes d’activité. L’activité en tant que système évolutif et dynamique est marquée par des tensions, des problèmes qui tiennent une place importante dans le développement de celle-ci. L’utilisation de la notion de contradiction comme moteur du (élément participant au) changement organisationnel est présente dans la littérature en communication organisationnelle. Cependant, elle est souvent utilisée de manière ambiguë pour désigner l’ensemble des problèmes et tensions qui prennent forme dans l’organisation. Engeström et Sannino (2011) considèrent « qu’il y a un risque que le terme de contradiction devienne un autre mot à la mode avec peu de contenu théorique et de pouvoir analytique » (Engeström et Sannino, 2011, p368 – traduit par nous)⁷⁵. Tandis que les chercheurs considèrent la contradiction comme une caractéristique universelle de toute organisation, Engeström, quant à lui, lui attribue une dimension historique qu’il met en lien avec la formation socio-économique du capitalisme : « Our own concept of contradiction stems from Marxist dialectics (Marx, 1990)⁷⁶ » (*ibid.*, p.370). Dans un article récent portant sur les manifestations discursives des contradictions, Engeström et Sannino (2011) identifient trois caractéristiques propres aux contradictions.

Premièrement, ils constatent que dans la littérature organisationnelle, le terme de contradiction est souvent utilisé pour décrire toutes les sortes de tensions qui sont présentes dans les organisations. Or, pour ces auteurs, celles-ci ne sont pas considérées comme des contradictions mais comme des manifestations de contradictions :

« Contradiction is a foundational philosophical concept that should not be equated with paradox, tension, inconsistency, conflict, dilemma or double bind. Many of

⁷⁵ « There is a risk that contradiction becomes another fashionable catchword with little theoretical content and analytical power ».

⁷⁶ Marx, K. (1990), *Capital*, Vol. 1, Penguin Books, London.

the terms misused as equivalents of contradiction may better be understood as manifestations of contradictions » (*ibid.*, p.370).

Deuxièmement, la contradiction doit être appréhendée comme un phénomène historique et systémique :

« Contradictions are historical and must be traced in their real historical development (...) Focusing on inner contradiction requires that we analyze the concrete historical system within which the contradiction takes shape » (*ibid.*, p.371).

Troisièmement, le fait, pour les acteurs, de trouver un équilibre ou d’agencer deux priorités ou deux stratégies différentes dans leurs pratiques de travail, ne constitue pas une contradiction.

Là encore, Engeström l’envisage comme une manifestation d’une contradiction :

« Developmentally significant contradictions cannot be effectively dealt with merely by combining and balancing competing priorities. Seeing contradiction as an inconsistency or competition between separate forces or priorities corresponds to the general mechanistic tendency to replace inner systemic contradiction with outer, external oppositions. In organizational literature, “empirical work on structural contradictions has tended to focus on contests of logics among segments of the organizational field” (Hargrave and Van de Ven, 2009, p.123) » (*ibid.*, p.371).

La contradiction, telle que conceptualisée par Engeström, doit donc être appréhendée comme un phénomène socio-historique d’accumulation de tensions structurelles au sein des systèmes d’activité. Il est important de noter que du fait de leurs caractères historiques, les contradictions ne sont pas directement observables, elles sont rendues visibles au travers de leurs manifestations.

2.4. Les niveaux de contradiction

Selon Engeström, toute activité présente des contradictions qui peuvent exercer des tensions à l’intérieur et entre les systèmes d’activité. L’identification des contradictions à l’origine de ces tensions permet de mieux cerner ce qui se joue dans « l’ici et le maintenant ». Pour cela, Engeström propose d’analyser ces situations conflictuelles au regard de la trajectoire historique de l’activité. Chaque pôle du triangle peut être analysé de manière isolée mais ils doivent également être mis en relation. Il identifie ainsi quatre niveaux de contradictions tels des marqueurs rythmant les différentes étapes du processus de

transformation de l’activité au fil du temps : primaire, secondaire, tertiaire, quaternaire (Figure 9).

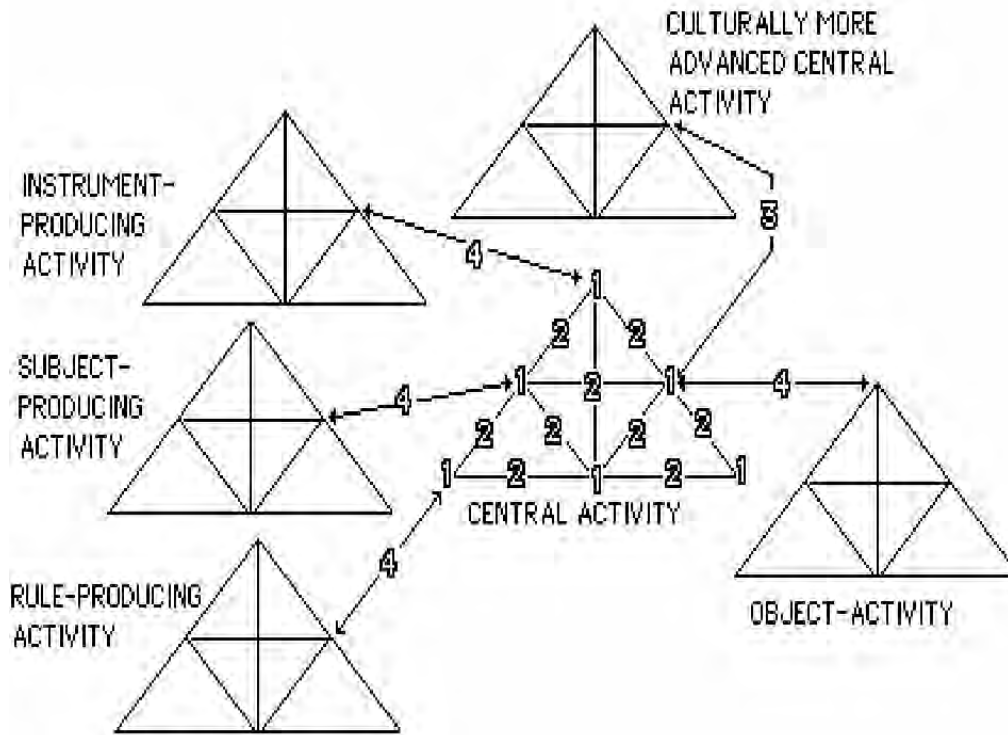


Figure 9: « Four levels of contradictions within the human activity system »⁷⁷

2.4.1. Contradiction primaire

La contradiction primaire est envisagée comme inhérente à la logique économique caractéristique des systèmes capitalistes. Dans ce contexte socio-économique, cette contradiction consiste en l’opposition entre la valeur d’usage et la valeur d’échange. En effet, dès lors qu’un bien est produit dans l’optique d’être utilisé, il a une valeur d’usage. Mais il a également une valeur d’échange qui correspond à son potentiel de transaction, le prix de vente. Selon Engeström, la contradiction primaire est présente dans toutes les activités productives de façon latente et ne peut être résolue. Elle imprègne l’ensemble des pratiques professionnelles et se manifeste par des tensions dans chaque composante du système d’activité central - les différents pôles du triangle de l’activité - à savoir : le sujet, la visée, les outils, les règles, la communauté et la division du travail (elle est représentée dans la Figure 9

⁷⁷ Figure extraite de <http://lhc.ucsd.edu/mca/Paper/Engeström/expanding/ch2.htm>, consulté en juillet 2012

p.116 par le chiffre 1). Engeström critique en cela la dimension économique caractéristique des systèmes capitalistes et c’est ce qui, selon Foot et Groleau (2011), fait la spécificité de la théorie de l’activité.

« The existence of the primary contradiction distinguishes Cultural Historical Activity Theory from other paradox-based studies by anchoring contradictions within a socio-historical context and consequently extending our understanding of local evolving organizational practices within a much larger temporal and spatial realm » (Foot et Groleau, 2011)⁷⁸.

En prenant l’exemple de l’activité de travail des médecins, Engeström propose d’illustrer la contradiction primaire en se focalisant sur le pôle des outils. Il montre ainsi comment les médecins doivent faire face dans leurs choix quotidiens à la double nature des médicaments : d’un côté, les médicaments sont des *instruments* nécessaires et utiles pour soigner les patients (la valeur d’usage). Et de l’autre côté, ces médicaments sont fabriqués pour être vendus (valeur d’échange) par des entreprises pharmaceutiques qui exercent une certaine pression sur les médecins pour qu’ils prescrivent leurs médicaments (Engeström, 1987). Les chercheurs ayant mobilisé le concept de contradiction (Groleau et Mayère, 2009) décrivent ainsi la contradiction primaire comme relevant d’une opposition entre « logiques managériales » et « logiques professionnelles ».

2.4.2. Contradiction secondaire

La contradiction secondaire découle de la contradiction primaire et est liée aux conditions particulières du système d’activité dans lequel les individus évoluent. La contradiction secondaire se manifeste par des tensions, des problèmes concrets dans la conduite des activités. Elle prend forme entre les composantes du système d’activité central c’est-à-dire entre les pôles du triangle (représentée sur la Figure 9, p. 116 par le chiffre 2). Dans son exemple de l’activité médicale, Engeström illustre cette contradiction par le conflit entre les outils conceptuels traditionnellement utilisés par les médecins pour la classification des maladies et de leurs diagnostics, et le caractère évolutif des maladies se caractérisant par des symptômes de plus en plus ambivalents et complexes et qui ne correspondent alors plus forcément à la nomenclature propre aux outils de diagnostics classiques – qui nécessiterait davantage une approche holiste de la médecine (Engeström, 1987). A la différence de la contradiction primaire, Engeström prétend que la contradiction secondaire peut se résoudre

⁷⁸ En ligne, <http://firstmonday.org/ojs/index.php/fm/article/view/3479/2983> consulté en mars 2013.

lorsque les individus engagés dans l’activité décident d’aller chercher dans un autre système des éléments permettant de soulager les tensions. C’est ce qu’il nomme la contradiction tertiaire.

« Quand on se rend compte qu’il y a un problème, c’est qu’il y a des éléments issus de la contradiction latente qui sont en tension dans nos pratiques et sur lesquels on doit intervenir pour essayer de les régler. Cela nous incite à aller chercher dans d’autres systèmes d’activités des éléments qui nourrissent une nouvelle manière de penser les activités » (Groleau interviewée dans Bonneau, 2010, p.83).

Lorsque les acteurs intègrent de nouveaux éléments dans leur pratique cela peut créer de nouvelles tensions entre les anciens et les nouveaux éléments, il s’agit de la contradiction tertiaire.

2.4.3. Contradiction tertiaire

La contradiction tertiaire prend forme lorsque de nouveaux éléments sont introduits dans le système d’activité afin de résorber les tensions issues de la contradiction secondaire. A l’issue de ce processus, les médiations matérielles et sociales évoluent, se transforment, créant ainsi des tensions entre les anciens et les nouveaux éléments du système. Dans la Figure 9, p. 116, cette contradiction est représentée par le chiffre 3, et nommée par Engeström « *culturally more advanced central activity* ». Il s’agit là de caractériser le passage du système d’activité initial au système d’activité tel que modifié ou « plus avancé culturellement ». Toujours dans son analyse des pratiques médicales, Engeström montre que la contradiction tertiaire pourrait se concrétiser si les administrateurs du système médical imposaient aux médecins d’utiliser de nouvelles procédures – par exemple, intégrant une approche plus sociale et psychologique - se heurtant ainsi à l’ancienne configuration du système d’activité.

2.4.4. Contradiction quaternaire

La contradiction quaternaire fait référence aux tensions entre le système d’activité qui a changé et les autres systèmes d’activités qui l’entourent. En effet, une fois reconfiguré, le système d’activité peut entrer en tension avec les systèmes d’activités voisins avec lesquels il interagit : « *instrument-producing activity* », « *subject-producing activity* », « *rule-producing activity et object activity* » (illustré par le chiffre 4 sur la Figure 9, p. 116). Engeström illustre cette contradiction en prenant l’exemple du patient qui, face aux nouveaux modes de

fonctionnement des médecins peut présenter des signes de résistance (car en tension avec les anciennes configurations du système d’activité).

Comme nous l’avons évoqué ci-avant, Engeström s’inscrit dans une démarche de recherche-action. Son modèle de l’activité est avant tout un outil d’intervention qu’il utilise afin d’amener les gens participant à ses recherches à effectuer un retour réflexif sur leurs propres pratiques. Le concept de contradiction est ainsi utilisé pour accompagner les gens dans l’identification des contradictions du système d’activité auquel ils prennent part.

« Lorsqu’il y a des problèmes dans les organisations, il intervient pour aider les gens à identifier la contradiction qui sous-tend leur système d’activité et ensuite les engager sur la voie de la résolution (...) mais il n’essaie pas de régler la contradiction primaire, il essaie plutôt de régler les contradictions concrètes qui émanent de cette contradiction latente. Il va dans l’organisation, il réalise des entrevues, il les enregistre sur vidéo et les regarde avec les gens qui sont sur le terrain pour identifier les problèmes concrets de cette contradiction latente et tente de les amener à trouver des solutions collectivement pour faciliter leur travail et changer leur pratiques » (Groleau interviewée dans Bonneau, 2010, p.17).

Dans le cadre de ce travail, nous nous éloignons de cette démarche en considérant le concept de contradiction non pas comme un outil d’intervention mais plutôt comme un outil analytique. A l’instar de (Groleau et al., 2011 ; Groleau et Mayère, 2007) nous mobilisons la théorie de l’activité en ce qu’elle nous permet de mieux comprendre les pratiques en changement à l’occasion de l’introduction d’une nouvelle technologie. Nous proposons ainsi dans le chapitre 5 d’identifier les tensions que nous avons pu observer ou telles que nos interlocuteurs ont pu nous en faire part. Cette démarche consiste à retracer l’histoire de l’activité de la navigation aérienne en mettant l’accent sur les tensions qui ont participé à sa transformation au fil du temps et la façon dont les sujets vivent ces tensions.

Nous proposons dans la partie suivante de spécifier ce en quoi la théorie de l’activité est pertinente pour notre étude au regard des théories de l’action située et de la cognition distribuée.

3. Positionnements conceptuels

Dans cette deuxième partie, nous souhaitons revenir sur ce qui nous a amené à choisir la théorie de l’activité comme cadre d’analyse principal. Nous montrons notamment que l’unité d’analyse qu’elle propose nous permet d’appréhender l’évolution socio-historique des

activités, ce que ne nous permettent pas les deux autres cadres présentés ici. Nous montrons ensuite que la théorie de l’activité nous permet également d’articuler les médiations matérielles et sociales. Puis nous spécifions que pour traiter de l’intégration de systèmes techniques informatisés, il nous faut cependant dépasser le concept d’outil tel que proposé par Engeström en ce qu’il nous semble trop « simple » au regard des systèmes techniques actuels, plus complexe et intégrés, qui sont déployés dans les organisations.

3.1. Pourquoi choisir la théorie de l’activité ?

3.1.1. L’unité d’analyse

Comme nous l’avons évoqué au cours de ce chapitre, un des premiers points qui nous semble pertinent dans la théorie de l’activité, et qui la différencie des approches de l’action située et de la cognition distribuée, concerne l’unité d’analyse qui est privilégiée. Précisons, avant de spécifier ces différences, que nous allons dans le sens de Carole Groleau (2010) lorsqu’elle nous dit que le choix de l’unité d’analyse est fonction du type d’approche qui paraît le plus « parlant » :

« Si on me demande : est-ce que les phénomènes technologiques s’explorent mieux dans le niveau micro ou le niveau macro ? Je réponds : c’est plutôt une question de lentille, une approche n’est pas mieux que l’autre. Ce sont des lunettes différentes qui expliquent des choses différentes » (Groleau interviewée dans Bonneau, 2010, p.9).

Notre démarche consiste ainsi à identifier une unité d’analyse adéquate en fonction de l’objet de recherche que l’on s’est fixé. La théorie de l’action située et celle de la cognition distribuée se centrent principalement sur le niveau de l’action, tandis que la théorie de l’activité propose de considérer le niveau de l’activité. Les situations de travail que Lucy Suchman étudie, en particulier dans ses premiers travaux, se limitent à une situation délimitée (exemple de l’interaction entre une photocopie et deux personnes) où les dimensions de temps et d’espace sont réduites. Sa focale se centre principalement sur les processus organisants à un niveau très « micro » et en cela, ne tient pas forcément compte de ce qui sous-tend la construction des artefacts. Notons néanmoins que dans des travaux plus récents (dont notamment son article intitulé *Do categories have politics*, publié en 1994) Lucy Suchman « traite des catégories qui organisent les données dans les logiciels de l’institutionnalisation du pouvoir et d’autres questions qui relèvent davantage d’une logique organisationnelle au sens classique du terme » (Groleau, interviewée par Bonneau, 2010, p.9). De façon convergente à la théorie de l’action

située, l’unité d’analyse de la cognition distribuée place sa focale à un niveau micro en se concentrant sur le système fonctionnel fait de personnes et d’artefacts. Dans son étude sur *comment le cockpit se souvient de ses vitesses* (1994), par exemple, Edwin Hutchins ne s’intéresse ainsi pas aux dynamiques organisationnelles qui ont lieu au delà de ce système. Or il nous semble important de considérer la place de la hiérarchie, de la division du travail et des statuts des acteurs engagés dans l’activité afin de mieux comprendre de quelle manière le travail s’opère ; cela pouvant également permettre de mieux saisir l’influence que ces derniers exercent sur la façon dont les dispositifs techniques sont utilisés. Tout en tenant compte des apports de ces deux approches, l’objet de recherche que nous avons choisi de traiter va nous amener à interroger des transformations d’activité en interaction avec des évolutions économiques, techniques et règlementaires à un niveau qui dépasse largement les situations tout en contribuant fortement à les configurer ; d’où la nécessité de trouver un cadre d’analyse plus adéquat pour traiter de notre objet de recherche.

3.1.2. Lier les niveaux situationnels et socio-historiques

La théorie de l’activité nous semble être une bonne alternative dans la mesure où elle nous permet de lier les niveaux situationnels et socio-historiques. En effet, selon Engeström, ce qui se passe dans « l’ici et le maintenant » est souvent en continuité avec les logiques socio-historiques préexistantes. En situation, les sujets agissent en fonction de leur environnement immédiat mais également selon les expériences et interprétations de leurs actions passées. Comme nous l’avons évoqué, les outils avec lesquels les individus agissent sur leur environnement intègrent et véhiculent des savoirs et des expériences socio-culturels qui ont été historiquement accumulés par les générations précédentes : « par ce qu’il intègre, l’outil place l’activité dans un cadre spatio-temporel qui dépasse la situation immédiate » (Groleau et Mayère, 2007, p.151). En cela, il nous est possible de comprendre ce qui se passe en situation en retraçant les logiques socio-historiques préexistantes. Dans le cadre de notre recherche, penser l’articulation technologie et organisation au travers de la théorie de l’activité nous permet de saisir cette imbrication de systèmes techniques de plus en plus normés et normalisants, et qui sont établis à des niveaux internationaux, nationaux et mis en œuvre localement. Il nous faut comprendre suffisamment cette « biographie » des systèmes techniques en les resituant dans les différents espaces-temps dans lesquels ils ont été configurés. C’est au travers du concept de contradiction qu’Engeström nous invite à identifier les dynamiques conflictuelles qui participent du changement ; celles-ci étant considérées comme le moteur du changement. En cela, la théorie de l’activité nous permet de positionner

les enjeux contemporains tels qu’ils se nouent autour des activités de production d’information et de communication des pilotes et des contrôleurs en nous permettant d’articuler le niveau local et global.

3.1.3. Articuler les médiations matérielles et sociales

Enfin, la théorie de l’activité nous permet également d’articuler les médiations matérielles et sociales. Comme nous l’avons montré dans le chapitre précédent la prise en compte de la place de la matérialité dans les interactions sociales est essentielle dans la mesure où elle nous permet d’appréhender ce qui favorise ou limite les actions. Mais pour ce faire, il est nécessaire d’une part d’étudier la façon dont les gens travaillent et d’autre part d’étudier les propriétés matérielles de la technologie afin d’identifier ce qu’elle permet de faire ou non, ainsi que les contournements opérés par les individus. Notons, sans rentrer dans un débat qui nous semble déjà ancien, qu’il ne s’agit nullement ici de souscrire à un déterminisme technique mais de reconnaître le pouvoir structurant des outils dans l’accomplissement des actions. En effet, en s’intégrant dans la relation entre le sujet et sa visée, les outils structurent le développement humain.

S’agissant d’étudier le déploiement de systèmes techniques informatisés complexes et intégrés, nous considérons que la notion d’outil telle qu’appréhendue par Engeström est trop simple pour le type de technologie que nous sommes amenée à étudier dans le cadre de notre recherche. Pour décrire les propriétés matérielles des systèmes techniques informatisés tels que ceux actuellement développés dans le domaine aérien, il nous faut mobiliser un cadre d’analyse plus adapté pour travailler les imbrications entre les outils et les règles, et entre les outils et la division du travail. Au fur et à mesure de l’informatisation des outils, les règles ne sont plus distinctes mais sont mises en formes dans les outils. L’outil participe également à redéfinir ce qui est fait par les acteurs et ce qui est confié au système technique. Avec la montée en puissance de ce qui est automatisé, ou en bonne part automatisé, il nous faut nous munir d’un outil analytique plus adéquat qui nous permette de caractériser les propriétés physiques de ces systèmes qui prennent la forme « d’écrits d’écran ». En cela, nous proposons de nous équiper de la notion d’architexte développée par Yves Jeanneret et Emmanuël Souchier (1999), que nous présentons plus en détail maintenant.

3.2. Pour une prise en compte des architextes

Comme nous l’avons souligné dans le chapitre précédent, les technologies actuellement déployées dans les organisations s’articulent de plus en plus autour d’écrits d’écran qui, si

nous voulons saisir ce en quoi ils participent de la structuration des actions dans la conduite des activités, nécessitent d’être finement analysés. Yves Jeanneret et Emmanuël Souchier (1999) nous propose pour cela de porter une attention particulière sur ce qu’ils nomment les « architextes ».

Yves Jeanneret s’est intéressé à la sémiotique de l’écriture. C’est un domaine de recherche qui s’est constitué sur la base d’une polémique entre une vision de l’écriture comme relevant uniquement de la transcription de la parole, et une autre vision qui considère l’écriture comme relevant d’un mode d’existence particulier de la langue dans la matérialité de l’image. Selon lui, "dans l’image, dans le visible, dans la matérialité de l’image, dans le mouvement d’interprétation du visible, il y a quelque chose qui s’exprime et qui est d’une autre nature que ce qui s’exprime dans la parole" (Jeanneret, 2005)⁷⁹. En s’inspirant des recherches menées par Anne-Marie Christin (2012), Yves Jeanneret (2005) considère que la notion d’écriture est un objet ouvert qui correspond aux différentes modalités utilisées par les hommes pour représenter le langage dans l’image (*ibid.*). En s’inspirant de la sémiologie, de l’histoire du livre, de l’anthropologie et de la philosophie, Yves Jeanneret s’intéresse à une forme particulière de l’écriture, celle des médias informatisés. Il tente ainsi d’identifier les problématiques et enjeux liés aux « écrits informatisés ». Avec le développement de l’informatique, l’écrit « s’élabore à travers un nouvel espace, celui de l’écran » (Jeanneret et Souchier, 1999, p.97) ; il s’agit là d’un « nouveau stade historique de l’écrit : « l’écrit d’écran » (*ibid.*). Yves Jeanneret propose ainsi une série d’études au travers desquelles il propose de saisir la façon dont le texte est mis en forme et la manière dont cela conditionne, oriente la mise en action des individus. La notion de texte est ici prise au sens large ; elle concerne, dans une des études de cas relative aux CD-Rom, « toute production signifiante articulée sur l’écran (...) L’ensemble des éléments signifiants entrant dans un cédérom (texte, image son) constitue donc le “texte” de ce cédérom » (1999, p.97). Selon lui, « l’analyse de l’écrit d’écran requiert tout à la fois une description précise de la matérialité des dispositifs techniques, une réflexion sur la nouvelle économie des signes (écrit, image & son), ainsi qu’une mise en perspective des processus sociaux d’appropriation, d’interprétation et de réécriture qui organisent cette nouvelle économie sémiologique » (1999, p.97).

⁷⁹ Entretien avec Peter Stockinger, en ligne, <http://www.archivesaudiovisuelles.fr/813/>, consulté en février 2013

Pour mener ce projet d'une sémiotique des écrits d'écran, Yves Jeanneret et Emmanuël Souchier (1999) se munissent, en outre, de la notion d'architexte, notion issue de la constatation « qu'on ne peut élaborer une structure textuelle ou produire un simple texte à l'écran sans outils d'écriture situés en amont. A partir de là, le texte est donc placé en abîme dans une autre structure textuelle, un architexte, qui le régit et lui permet d'exister » (1999, p.103). Une première définition est ainsi posée. Ils nomment architexte, « les outils qui permettent de représenter la structure du texte à l'écran et qui, non contents de représenter la structure du texte, en commandent l'exécution et la réalisation. Autrement dit, le texte naît de l'architexte qui en balise l'écriture » (*ibid.*). A cette première définition, Jeanneret précise en 2009 : « les architextes, ce sont des écritures de l'écriture. Quelqu'un a écrit en amont de vous les formes dans lesquelles vous allez écrire. (...) Architextes de la mise en forme (traitement de texte, logiciel de présentation visuelle), de l'échange de correspondance (messagerie, *chat*), de la recherche d'information (moteur de recherche), de l'intertextualité (fils RSS), etc. Les architextes sont des objets logiciels qui industrialisent la capacité des formes écrites à configurer des pratiques, (...) et instaurent à ce titre une nouvelle économie scripturaire » (p.88).

Les études menées par Yves Jeanneret se centrent principalement sur les écrits d'écran. Dans l'ouvrage collectif intitulé *l'écriture des médias informatisés: espace de pratiques* (2007) dirigé par Cécile Tardy et Yves Jeanneret, ce dernier propose, par exemple, d'analyser le rapport entre écriture et pratique au sein de la rédaction de France Inter. Il propose de s'intéresser à l'écriture radiophonique au travers d'un logiciel de « numérisation » (OpenMédia) et nous donne à comprendre comment se reconfigure l'espace d'écriture des journalistes : « il s'agit pour nous de saisir une pratique collective et organisée de communication, avec les espaces qu'elle accorde ou dénie aux personnes qui écrivent, et le rôle que joue en son sein l'architexte, notamment OpenMédia » (*ibid.*, p38).

Nous proposons de nous munir de cette notion d'architexte pour analyser les outils actuellement en cours de déploiement dans les pratiques de travail des pilotes et des contrôleurs aériens. Nous posons que, notamment la mise en écran des échanges de la circulation aérienne via l'application CPDLC peut ainsi être considérée comme un architexte. En effet, l'application CPDLC propose un cadre d'écriture, sous la forme de messages préformatés, à partir duquel et dans lequel, pilotes et contrôleurs constituent leurs messages. De même, le passage du strip papier au strip numérique s'accompagne d'une mise en écran qui propose un nouvel espace d'écriture. En outre, il nous semble que la notion d'architexte

peut largement dépasser les seuls « écrits d’écran », pour recouvrir d’autres outils qui viennent mettre en forme le texte et orienter les pratiques. Nous pensons, par exemple, que le formulaire du plan de vol, formulaire standardisé par l’OACI, et dans lequel les compagnies aériennes et/ou pilotes viennent inscrire les éléments du vol selon des standards prédéfinis, relève d’un architecte. De même, nous considérons que la phraséologie est un architecte langagier au sens où elle vient mettre en forme et pré(in)scrire la façon dont pilotes et contrôleurs doivent mener leurs activités de communication. A ce titre, il nous semble, qu’il y a des architectes plus ou moins ouverts, c’est-à-dire qui sont plus ou moins rigides. Nous verrons dans le chapitre 6 que l’architecte informatisé (CPDLC) transpose à l’écrit les formes de la phraséologie. L’informatisation des messages de la navigation aérienne redessine et renforce la mise en forme des activités de production d’information et de communication mais ne la crée pas, ou pas totalement.

Nous proposons de nous saisir de cette notion d’architecte pour décrire les nouvelles formes écrites qui accompagnent les outils mis à disposition des pilotes et des contrôleurs. En cela, nous entendons accéder au modèle de communication qui est inscrit dans ces architectes et à la façon dont cela tend à reconfigurer les pratiques de travail. Comme le souligne Yves Jeanneret et Emmanuël Souchier, « situés au commencement et au commandement de l’acte d’écrire, les maîtres de l’architecte détiennent un pouvoir considérable sur la production du texte et par là même sur celle du sens et de l’interprétation » (1999, p106).

Avant de rendre compte de la manière dont ce cadre nous permet d’analyser notre objet d’étude, nous proposons, dans le chapitre suivant, d’explicitier la méthodologie de recherche que nous avons mise en œuvre, ainsi que les spécificités de notre terrain de recherche.

Construire les objets de la recherche

Dans ce chapitre, nous présentons les conditions dans lesquelles notre travail de recherche s'est effectué tant du point de vue de l'encadrement scientifique dont nous avons bénéficié, que de la démarche méthodologique mise en œuvre pour appréhender notre terrain de recherche. Dans un premier temps, nous souhaitons revenir sur la façon dont s'est constitué notre projet de recherche afin de permettre aux lecteurs d'appréhender les éléments qui ont participé, bouleversé puis stabilisé notre objet d'étude. Dans un second temps, nous proposons d'explicitier la façon dont s'est opéré le choix de notre terrain de recherche puis de spécifier les caractéristiques propres à celui-ci. Enfin, dans un troisième temps, nous proposons de cartographier l'ensemble des éléments de terrain que nous avons recueilli ainsi que les méthodes d'analyses employées.

1. De la constitution de notre démarche de recherche

Dans cette première partie, nous souhaitons rendre compte du cadre scientifique dans lequel ce travail fut entrepris afin d'éclairer les lecteurs sur les éléments qui ont participé à la constitution de notre pensée. Puis, nous précisons la façon dont nous avons investi notre terrain ; ce qui a permis et limité notre démarche et ce en quoi cela a participé à la construction de notre objet d'étude.

1.1. Les prémices de notre recherche

Notre travail de thèse trouve ses premiers fondements dans le travail mené à l'occasion de notre mémoire de Master 2 intitulé : « La communication pilotes-contrôleurs médiatisés dans le cadre d'une évolution technologique des artefacts de transmission des messages » (Bénéjean, 2008). Lors de ce travail, nous nous sommes intéressée à une forme particulière de situation de communication, celle de la relation de coordination entre pilotes et contrôleurs aériens avec une focale qui était initialement axée sur l'utilisation du langage phraséologique pour la transmission des messages de la circulation aérienne par radiotéléphonie. Au fil de

notre investigation de terrain et de la mise en discussion du matériau au regard de notre cadre théorique, notre focale s'est progressivement déplacée vers la question des transformations des médiations socio-techniques associées à la mise en œuvre d'un système de transmission des données par liaisons de données numériques. Dans le domaine aéronautique, où la communication médiatisée entre pilotes et contrôleurs aériens est sous-tendue par une volonté toujours croissante d'obtenir un haut degré d'intercompréhension des messages de la circulation aérienne dans le but de garantir le niveau de sécurité défini réglementairement, la mise en œuvre de l'application CPDLC (*Controler Pilote Data Link Communication*) pour la transmission des messages de la circulation aérienne fut, pour nous, l'occasion de questionner la façon dont se (re)reconstruit une intercompréhension dans la relation de coordination entre pilotes et contrôleurs.

Suite à ce travail, nous avons postulé à l'Ecole Doctorale Aéronautique-Astronautique (ED-AA) de Toulouse dans le but d'y obtenir une allocation ministérielle de recherche pour mener notre travail de thèse. Notre projet de thèse portait sur la communication médiatisée pilotes-contrôleurs et l'arbitrage CPDLC/vocal en situations « standards » et « à risques ». Dans la continuité du travail engagé lors de notre mémoire de master 2, notre questionnement portait sur la reconfiguration des pratiques communicationnelles des pilotes et des contrôleurs aériens suite à l'introduction d'un nouvel outil de transmission des messages : que nous apprend ce changement comme « révélateur » de l'existant sur la relation de coordination entre pilotes et contrôleurs ? En effet, tout changement est en premier lieu l'occasion d'une activation de processus pré-existants, ne serait-ce que parce qu'il amène les acteurs à une démarche réflexive sur leurs pratiques antérieures et actuelles.

Intégrer l'ED AA fut pour nous l'occasion de bénéficier d'un cadre de formation en adéquation avec notre sujet. Les modules de formation orientés aéronautique étaient un atout pour développer notre connaissance du terrain et des acteurs du milieu aéronautique. Cette école doctorale met comme condition à toute thèse une co-direction pluridisciplinaire avec au moins un des encadrants ayant développé une compétence approfondie dans le domaine de l'aéronautique. Claude Navarro ayant développé une telle expérience s'agissant de l'ergonomie des postes de travail des pilotes et des contrôleurs, y compris dans leur dimension d'échange de messages, cette co-direction est apparue la mieux à même de favoriser l'avancée de notre recherche. Notre travail de thèse a ainsi bénéficié des apports bienveillants de nos deux directeurs de thèses : Anne Mayère pour les sciences de l'information et de la communication et Claude Navarro pour les sciences cognitives. Il

importait de bien ancrer cette recherche dans un champ disciplinaire, et c'est le champ des Sciences de l'Information et de la Communication qui a été retenu dans la continuité de notre cursus antérieur.

Par ailleurs, bien qu'évoluant au sein du laboratoire CERTOP et de ses collaborations scientifiques orientées en sciences sociales, notre appartenance à l'école doctorale ED AA (ainsi que, bien évidemment, l'objet même de notre recherche) nous a poussé à nous confronter à un univers largement dominé par les sciences pour l'ingénieur. Cela nous a permis d'entreprendre le nécessaire processus d'acculturation dont nous avons besoin pour investir notre terrain d'étude. Au niveau de l'ED AA, cela s'est traduit par la validation de modules en « culture aéronautique ». Aussi avons-nous assisté à de nombreuses conférences, rencontré et discuté avec des acteurs évoluant dans le milieu aéronautique.

Par ailleurs, la construction de notre environnement scientifique s'est également enrichie de nombreux échanges, dont les principaux sont :

- Les réunions HDR/Doctorants organisées par notre directrice d'équipe, Anne Mayère, et dont l'objectif consistait à permettre à chacun et chacune de confronter l'état d'avancement de ses travaux à d'autres chercheurs de la discipline. Nous avons ainsi pu bénéficier des travaux et des réflexions menés par Isabelle Bazet, Sylvie Bourdin, Jean-Luc Bouillon en ce qui concerne les maîtres de conférences et par Alexia Jolivet, Florian Hémond, Karolina Swiderek, Philippe Marrast et Marine Gout en ce qui concerne les doctorants. Ces discussions nous ont permis d'éprouver l'état d'avancement de notre réflexion ainsi que notre compréhension des différentes lectures effectuées. Tout cela a grandement participé à spécifier notre objet d'étude et les moyens d'analyse de celui-ci.
- Des séminaires d'équipe plus étendus ont également été organisés afin de mettre en discussion nos travaux avec ceux de chercheurs en SIC travaillant sur d'autres thématiques : Marie-Gabrielle Suraud, Patrick Chaskiel, Angélique Roux, Bruno David pour les maîtres de conférence et Julien Domard, Dione Yangan, Sarah Camguilhem pour les doctorants.
- Nous avons également pu participer aux réunions organisées par des chercheurs du CERTOP et du LISST⁸⁰ dans le cadre du séminaire « PragmaTIC » ; réunions qui nous

⁸⁰ Laboratoire Interdisciplinaire Solidarités, Sociétés, Territoires – UMR 5193.

ont permis d'alimenter notre réflexion ainsi que de la confronter à des travaux issus de la sociologie.

- Des rencontres avec des chercheurs invités nous ont également permis de disposer de moments privilégiés d'échanges. Nous remercions ainsi Carole Groleau, François Cooren, Sylvie Grosjean, Consuelo Vasquez et Bernard Pavard pour les nombreux conseils et éléments de réflexion dont ils nous ont fait part.
- Enfin, nous avons eu l'opportunité de présenter nos travaux dans le cadre d'un séminaire organisé à l'IRIT⁸¹ sous la direction de Philippe Palanque⁸². Cette rencontre fut pour nous très enrichissante dans la mesure où nous confrontions nos travaux à un public majoritairement composé d'informaticiens, d'ergonomes et d'ingénieurs de l'ENAC (Ecole Nationale de l'Aviation Civile).

Au final, c'est dans ce contexte scientifique que notre travail de recherche a pris forme et que nous avons progressivement construit notre objet de recherche.

1.2. Acculturation au monde de l'aéronautique

Pour appréhender notre objet d'étude ainsi que l'environnement complexe dans lequel il s'insère, nous avons dû entreprendre un travail d'acculturation afin de nous familiariser avec les outils, pratiques et « langages indigènes » propres au milieu aéronautique. Il importait en effet, durant les premiers temps de ce travail d'apprendre les termes anglo-techniques propres au milieu aéronautique et de nous former aux différents savoirs et savoir-faire de bases des métiers de pilotes et de contrôleurs aériens. A posteriori, nous identifions trois phases dans cette démarche d'acculturation :

- Les recherches documentaires : pour nous « éduquer » aux termes techniques, aux sigles et autres composantes du « langage aéronautique », nous avons effectué un certain nombre de recherches documentaires afin de mieux comprendre ce à quoi nous allions devoir nous confronter une fois sur le terrain. Il s'agissait d'être en mesure de pouvoir cerner le discours des acteurs que nous allions rencontrer et d'être capable d'échanger de façon intelligible avec eux.

⁸¹ Institut de Recherche en Informatique de Toulouse – UMR 5505.

⁸² Professeur des universités en sciences informatiques.

- Le stage à l'ENAC : nous avons effectué, à la fin de l'année 2009, une formation d'une semaine à l'ENAC sur la thématique des « nouveaux réseaux de communication sol-bord numériques ». Durant cette formation, nous avons eu accès à divers modules de formation relatifs à l'évolution des moyens de télécommunication dans le domaine de la navigation aérienne. Nous avons également participé à une journée de formation au sein de la DTI (Direction de la Technique et de l'Innovation) sur les expérimentations CPDLC qui se sont déroulées à Reims au cours de l'année 2008 (premières expérimentations CPDLC en France). Enfin, nous avons également, au cours de cette formation, assisté à une présentation du système technique « TIARE » (Traitement des Informations ATM et Radar pour l'Exploitation) installé dans le centre de contrôle de Tahiti.
- La constitution d'un réseau : pour investir le domaine de l'aviation civile et organiser nos différentes interventions, nous avons pris soin, en amont, de rencontrer et de discuter avec plusieurs acteurs du milieu. Ces rencontres se sont déroulées de façons informelles, lors de nos passages, par exemple, à la bibliothèque de l'ENAC ou via les diverses conférences auxquelles nous nous rendions. Notre appartenance d'une part, à l'Ecole Doctorale Aéronautique-Astronautique et d'autre part, au conseil d'administration de celle-ci (en tant que représentante des étudiants) nous a également permis de côtoyer un panel de personnes liées au monde de l'aéronautique (étudiants, industriels, personnels de l'ENAC, etc.). Cette démarche, initiée dès le master 2, nous a ainsi permis de constituer un réseau auquel nous pouvions nous référer pour l'accès au terrain. Cela nous a permis, en outre, l'accès aux salles de simulation de l'ENAC accompagné d'un « guide » (contrôleur-instructeur) afin de visualiser et de nous familiariser avec les dispositifs techniques utilisés dans les salles de contrôle.

C'est également dans ce contexte là que s'est progressivement dessinée la façon dont nous allions investir notre terrain, ce qui nous était possible et pertinent de mettre en œuvre ou non.

1.3. L'accès au terrain

Afin de constituer un matériau intéressant et pertinent pour notre recherche, il était nécessaire d'observer le travail des acteurs *in situ*. Pour cela, il nous fallait avoir accès aux sites (centres de contrôle et cockpits) et acteurs mobilisant le système étudié. Or, en France métropolitaine, aucun centre de contrôle n'utilise encore opérationnellement ce système. Nous

avons ainsi mené notre investigation au centre de contrôle de Tahiti. En effet, la mise en œuvre du système Eurocat-X (ou TIARE⁸³) - qui comprend notamment, un système de surveillance automatique des aéronefs (ADS) et un système informatisé pour la transmission des messages de la circulation aérienne (CPDLC) - a pris effet fin 2008 dans le centre de contrôle de Tahiti dans la perspective, par la suite, du déploiement d'un système similaire (Eurocat-E) au niveau Européen dans le cadre du programme SESAR (*Single European Sky Air Traffic Management Research*) à l'horizon 2016. Pour investir ce terrain, un processus de négociation assez long a été engagé avec certains acteurs du milieu aéronautique, dont notamment, le centre de contrôle de Tahiti pour la partie « sol » et certaines compagnies aériennes effectuant des vols trans-océaniques sous couverture CPDLC, pour la partie « air ». La mise en œuvre d'observations, d'entretiens et de formations a nécessité, d'une part, des autorisations indispensables pour l'accès aux sites soumis à des règles strictes de sûreté, et d'autre part, de lever le devoir de réserve de ces acteurs quant à leur utilisation du système tant vis-à-vis de l'administration que des industriels, maîtres d'œuvre du dispositif. Dans cette configuration, nos investigations sur le terrain (pour ce qui relève des observations et d'une partie des entretiens effectués à Tahiti) ont été menées sur des périodes groupées que nous avons veillé à optimiser (chaque été) durant 3 années (2009-2011).

Avant de spécifier la façon dont nous avons mené notre investigation de terrain, nous souhaiterions présenter, dans la partie suivante, les spécificités du terrain de recherche investi et expliquer les raisons du déploiement du système Eurocat-X dans le Pacifique Sud.

2. Spécificités du terrain de recherche

Nous l'avons évoqué dans le chapitre 1, le contrôle en zone océanique diffère (en partie) de celui effectué en zone continentale. Nous proposons, dans cette partie, de présenter les caractéristiques propres à notre terrain de recherche.

2.1. Caractéristiques de la FIR de Tahiti et gestion du trafic

Chaque Etat est souverain de l'espace aérien se situant au-dessus de son territoire. S'agissant de la gestion des espaces aériens internationaux, l'OACI a découpé ces espaces en FIR puis les a répartis, après accords, entre les différents Etats. La France s'est ainsi vue confier la gestion de la FIR de Tahiti où les services de la circulation aérienne (services de

⁸³ Traitement des Informations ATM et Radar pour l'exploitation

« contrôle », « d'information » et « d'alerte ») sont assurés par l'administration française. La FIR de Tahiti s'étend sur environ 3 500 kms du nord au sud et d'est en ouest, couvrant ainsi une surface de 12,5 millions de km². Elle a des limites communes avec les FIR d'Auckland (Nouvelle-Zélande) à l'ouest et au sud, d'Oakland (USA) au nord et de Santiago (Chili) à l'est. Il existe des zones pour lesquelles aucun Etat n'a accepté d'assurer les services de la circulation aérienne. Ces zones sont appelées « no FIR ». Dans ces zones « no FIR », le service de suivi des vols n'est assuré par aucun organisme de contrôle. Cependant, les compagnies aériennes peuvent utiliser les services de transmission satellitaire pour se mettre en contact avec leurs pilotes.

2.1.1. La radiotéléphonie HF : une pratique communicationnelle à part

La FIR de Tahiti est immense. Un gros porteur en provenance des Etats-Unis et à destination de Tahiti, par exemple, pénétrera dans la FIR de Tahiti environ 3 heures et demie avant son atterrissage ; pour les liaisons entre les Etats-Unis et l'Australie, la durée de survol de la FIR de Tahiti peut varier de 1 heure à 5 heures suivant la route empruntée. L'enjeu, pour les contrôleurs du centre de contrôle de Tahiti-Faa'a, consiste à pouvoir échanger des messages avec des pilotes pouvant se situer jusqu'à 3 500 km de Tahiti. Comme nous l'avons évoqué dans le chapitre 1, le problème est le suivant : les ondes très hautes fréquences (VHF), qui sont de bonne qualité, se propagent en ligne droite ; leur portée est donc limitée du fait de la rotondité de la terre. Elles doivent donc être relayées par des stations d'émission-réception VHF. Or, à la différence des zones terrestres dans lesquelles une couverture en radiotéléphonie VHF est rendue possible grâce à l'implantation de relais hertziens au sol, les zones océaniques, du fait des vastes étendues maritimes et en raison du coût élevé des antennes hertziennes, ne peuvent bénéficier d'une telle infrastructure. Ce sont donc d'autres ondes, les ondes HF, qui vont être utilisées puisque celles-ci ne sont dépendantes d'aucun relai au sol ou satellitaire. Le principe est le suivant : les ondes HF ont une portée optique beaucoup plus importante mais vont se réfléchir sur les couches ionosphériques autour de la terre avec une propagation aléatoire puisqu'elle est fonction à la fois de l'heure dans la journée, de la latitude et la longitude et de l'activité solaire. Suivant que l'on se trouve en période diurne ou nocturne ou au passage de l'une à l'autre, l'activité solaire a des incidences sur les couches ionosphériques. De ce fait, la HF est une transmission aléatoire, constamment parasitée et pouvant parfois rompre toutes possibilités de transmission : « le vol de Lan Airlines (Lan Chile) qui joint Tahiti à l'île de Pâques et les contrôleurs qui le prennent en

charge connaissent bien ce problème : perdu en contact la nuit, on le retrouve dès que le soleil se lève sur la zone entre l’avion et Tahiti » (Magazine Manureva, 2006, en ligne)⁸⁴.

Les contrôleurs et les pilotes concernés doivent donc composer avec ces contraintes. La difficulté se situe d’une part, dans les phénomènes de bruits qui peuvent altérer la transmission des messages et d’autre part, dans le fait qu’en fonction de l’heure et de la zone concernée pour un vol, les fréquences HF ne sont plus les mêmes. Aussi, sur la base des informations fournies par le centre national d’étude des télécommunications, des cartes mensuelles de propagation HF dans la FIR de Tahiti ont-elles été mises à disposition des pilotes et des contrôleurs. Par mesure de précaution, les contrôleurs vont veiller 2 voire 3 fréquences en même temps. Comme nous venons de le voir, le phénomène de réflexion des ondes sur les couches ionosphériques confère à la HF une très grande portée. Cependant, ce phénomène de réflexion peut ne pas couvrir certaines parties de l’espace (proches ou lointaines), créant ainsi des « trous » de détection. Afin de pallier ces dysfonctionnements, les fréquences allouées à un secteur de contrôle, d’une part, sont établies sur un large spectre (5000 à 1800 kHz) et d’autre part, sont aussi en partie allouées au(x) secteur(s) adjacent(s). Ainsi, des messages qui pourraient ne pas être détectés, le sont par le(s) secteur(s) voisin(s) qui retransmettent alors le(s) message(s) au(x) destinataire(s) concerné(s). Cela peut créer sur un secteur donné et une fréquence donnée un enchevêtrement de messages destinés à différents centres de contrôle.

Précisons que du côté des pilotes, un dispositif d’appel sélectif a été installé, il s’agit du SELCAL. Ce système permet aux contrôleurs d’appeler les pilotes (alarme en cockpit) afin que ces derniers se mettent en contact avec le centre de contrôle. Cela permet aux pilotes de baisser le niveau sonore de la fréquence.

2.1.2. Vers de nouveaux modes de transmission

En 1990, afin de coordonner et d’harmoniser les services de contrôle dans le Pacifique Sud, les autorités des aviations civiles américaines, australiennes et néo-zélandaises créèrent, sous l’égide de l’OACI, le groupe ISPACG (*Informal South Pacific ATS Coordinating Group*) ; la France, représentée par le SEAC.PF (Service d’Etat de l’Aviation Civile de Polynésie Française), rejoindra ce groupe en 1993. Leur objectif consistait (et consiste encore) à améliorer et à optimiser le dessin des routes aériennes en introduisant de nouvelles

⁸⁴ <http://www.manureva.net/images/pdf/Dossier108.pdf>, consulté en août 2012.

techniques notamment basées sur l'utilisation du satellite dans la gestion de la circulation aérienne (magazine Manureva, *ibid.*). Les travaux menés par l'ISPACG ont mis en évidence d'une part, que les systèmes de routes fixes ne permettaient pas de prendre en compte les paramètres météorologiques (vents, phénomènes cycloniques, etc.), ce qui avait pour contrainte l'emport d'une quantité de carburant importante au détriment, pour les compagnies aériennes, de l'emport d'une part supplémentaire de charge marchande. Aussi, pour optimiser la charge marchande sur des vols long-courriers (entre 12h et 15h de vol), était-il nécessaire d'optimiser la route en fonction des conditions météorologiques prévues (ceci permettant ainsi de réduire le temps de vol et donc de diminuer la consommation de carburant, laissant ainsi plus de capacité pour le transport de charges marchandes). D'autre part, l'ISPACG, a relevé le fait que l'outil radiotéléphonique en HF, utilisé pour la transmission des messages de la circulation aérienne, rendait difficile la surveillance du suivi des vols pour les centres de contrôle, du fait de la mauvaise qualité du signal : « le groupe a constaté que le contrôleur travaillait en quelque sorte en « aveugle », avec des strips et une carte visualisant les routes fixes » (magazine manureva, *ibid.*). Enfin, l'ISPACG a fait le constat qu'aucun moyen de surveillance n'était en fonctionnement dans la FIR de Tahiti. Le radar, n'ayant pas été installé pour des raisons à la fois physiques (espace océanique) et financières (ampleur de la zone à couvrir sachant que le radar a une portée d'environ 400 km), le service de contrôle s'effectue « aux procédures » avec des normes de séparation entre les avions de l'ordre de 100NM⁸⁵ latéralement et de 15 minutes longitudinalement. Les pilotes contactent en HF le centre de contrôle de Tahiti (environ toutes les 40 minutes) afin de transmettre aux contrôleurs leur position selon des points de reports prédéterminés.

Les missions de l'ISPACG se sont donc articulées autour de trois points principaux qui seront successivement opérationnalisés au travers du système VIVO (VIsualisation des Vols Océaniques) :

- La construction d'un réseau de routes flexibles intégrant les paramètres météorologiques. Cela s'est traduit par la mise en œuvre de « routes préférentielles personnalisées » (UPR : *User Preferred Route*) : les compagnies aériennes calculent l'UPR pour le vol concerné en fonction des caractéristiques de l'appareil (motorisation, charge, etc.). Avec l'avènement des liaisons de données par satellite, les compagnies aériennes peuvent, de plus, proposer à leurs pilotes, en cours de vol, une nouvelle route

⁸⁵ 1 NM (*Nautical Mile*) équivaut à 1852 mètres.

réactualisée en fonction des conditions météorologiques (ce mécanisme se dénomme DARP : *Dynamic Airbone Route Planning*). Les pilotes auront alors le choix d'accepter ou de refuser cette nouvelle route (selon leurs estimations pour la tenue du vol et selon qu'ils obtiennent ou non l'autorisation des contrôleurs).

- La mise en œuvre d'un système de transmission des messages par liaisons de données numériques. Il s'agit, comme nous l'avons vu, d'utiliser les satellites pour transmettre les messages de la circulation aérienne, non plus en mode vocal, par radiotéléphonie, mais en mode visuel, sous la forme de messages écrits préformatés.
- La réduction des normes de séparation afin que chaque vol puisse bénéficier de trajectoires de route optimales. Nous l'avons évoqué dans le chapitre 1, les normes de séparation sont définies en fonction de la marge d'erreur entre la position réelle de l'aéronef et sa position estimée par les outils de détection des aéronefs. L'enjeu consiste ici à utiliser les transmissions satellitaires afin de mettre en œuvre un système de surveillance, l'ADS. Le principe est le suivant : les ordinateurs de bord des aéronefs transmettent automatiquement aux centres correspondants un ensemble de données comportant notamment la position et les manœuvres futures de l'aéronef. L'objectif est de pouvoir réduire les normes de séparation latérales de 100NM à 50NM puis 30NM (dans la FIR de Tahiti).

L'ensemble de ces évolutions s'inscrit dans le cadre du programme « CNS/ATM » (*Communication, Navigation, Surveillance/Air Traffic Management*) tel que présenté dans le chapitre 1. Compte tenu de la configuration spécifique de la FIR de Tahiti ainsi que des moyens de contrôle à disposition du centre de contrôle de Tahiti-Faa'a, ce dernier est l'un des premiers centres français à avoir expérimenté les systèmes de contrôle du trafic aérien utilisant les liaisons de données par satellite, tel que défini dans le programme CNS/ATM de l'OACI. Précisons que la mise en œuvre de ces systèmes a été rendue possible notamment parce que l'équipement avionique des gros porteurs, d'une part, était déjà en fonctionnement pour les besoins des compagnies aériennes, et d'autre part, était compatible avec les systèmes sol⁸⁶.

⁸⁶ Les données de la circulation aérienne circulent sur le réseau de télécommunication ACARS exploité par les sociétés SITA et ARINC. Côté bord, l'avionique FANS1/A (FANS 1/A : *Futur Air Navigation System*, 1 pour Boeing et A pour Airbus) propose les fonctionnalités de l'application CPDLC. Cela est dû au fait que cette application CPDLC fut initialement pensée et réalisée par les industriels afin de soulager leurs pilotes d'une écoute constante et fatigante de la HF.

2.2. Les évolutions en matière de transmission satellitaire : le système VIVO

Au début des années 1990, le fournisseur « Thomson CSF » qui prendra, en 2000, le nom de « Thales ATM » avait développé le système VIVO⁸⁷ (système informatisé de visualisation des vols océaniques) dans le but de contrer le développement du système américain qui aurait impliqué une dépendance vis-à-vis du système satellitaire américain. Cet outil innovant à l'époque assure des fonctions de traitement des données, de visualisation et de transmission des messages en utilisant les liaisons de données par satellite. Il a été développé par le centre d'études de la navigation aérienne (CENA, actuelle Direction de la Technique et de l'Innovation) et a été installé dans le Pacifique, au centre de contrôle de Tahiti-Faa'a en 1995. Le système VIVO a été l'un des premiers systèmes français de contrôle du trafic aérien mis en œuvre dans le cadre du programme CNS/ATM. Quatre versions se sont succédées :

- VIVO phase 1 en 1995 : cette première version du système a permis aux contrôleurs de visualiser les routes flexibles (mises à jour selon les conditions météorologiques) et de renseigner manuellement les reports de position transmis, via la radiotéléphonie en HF, par les pilotes ; cela leur permettant ainsi de mettre à jour, sur l'écran de contrôle, les étiquettes des vols.
- VIVO phase 2 en 1996 : le système a intégré l'interface Data Link pilotes/contrôleurs. Les systèmes sol et bord pouvaient ainsi se connecter via satellite, ce qui permettait aux pilotes et aux contrôleurs d'échanger des messages par CPDLC. Cela permettait la mise à jour automatique des positions de vols visualisées sur l'écran des contrôleurs.
- VIVO phase 3 en 1999 : Mise en place du système ADS-C⁸⁸ (*Automatic Dependence Surveillance - Contract*). Le système ADS a permis de transmettre automatiquement (sans commande du pilote) différents éléments relatifs à l'évolution du vol. Ces

⁸⁷ Des systèmes similaires furent installés dans les centres de contrôle des FIR voisines : OCS (*Oceanic Control System*) pour la Nouvelle-Zélande ; TAAATS (*The Australian Advanced Air Traffic System*) pour l'Australie. Fidgi et les Etats-Unis se sont également lancés dans la mise en œuvre d'un système similaire.

⁸⁸ Il existe deux types d'ADS : l'ADS-C (*Automatic Dependence Surveillance – Contract*) et l'ADS-B (*Automatic Dependence Surveillance – Broadcast*). En ADS-C, les données sont transmises vers un unique destinataire selon un contrat défini au préalable. En ADS-B, les données sont émises à intervalles réguliers et il n'y a pas de destinataire désigné.

transmissions ont été définies sur la base d'un contrat qui peut être temporel (report toutes les x minutes) ou événementiel.

- VIVO phase 4 en 2004 : le système d'exploitation a évolué et a permis, grâce à la modification de son architecture technique, la mise en place d'alertes de déviation de route (RAM : *Route Adherence Monitoring*) ou de déviation d'altitude (CLAM : *Cleared flight Level Adherence Monitoring*), ce qui a rendu possible la réduction des normes de séparation.

Le système VIVO est un outil de transmission des messages (CPDLC) et de visualisation des vols. Mais, afin que les contrôleurs puissent traiter et gérer les vols (création et modification des plans de vol, visualisation des informations générales et impression des strips), le système VIVO a été couplé au système SIGMA⁸⁹ (Système Informatisé de Gestion des Mouvements Aéroportuaires).

En 2008, un radar sera finalement implanté au centre de contrôle de Tahiti afin de suivre l'augmentation du trafic qui comportait de plus en plus de petits porteurs (vol inter-îles qu'il s'agissait de pouvoir détecter ; lesquels n'était pas équipés du système ADS et CPDLC). La mise en place du radar s'est inscrite en complémentarité d'un autre système dénommé TIARE, système qui avait pour vocation de remplacer le système VIVO.

2.3. Le projet TIARE

Comme nous venons de le voir, le système VIVO, bien qu'offrant un certain nombre de fonctionnalités ne pouvait cependant pas fonctionner sans l'aide d'autres systèmes (SIGMA) qui, qui plus est, n'avaient pas été conçus dans cette optique. En 2001, suite à un incident de la circulation aérienne, le BEA (Bureau d'Enquêtes et d'Analyses) et la DSNA conclurent dans leur rapport que l'équipement du centre de contrôle de Tahiti devait s'aligner sur les technologies des pays riverains : les interfaces graphiques n'étaient pas homogènes et les données utilisées pour le traitement des vols étaient dupliquées. De plus, le simulateur à disposition des contrôleurs ne permettait pas de prendre en compte tous les aspects de la formation nécessaire, à savoir notamment, le « rejeu » de situations réelles. Tous ces points ont convergé vers la mise en œuvre du système TIARE au début de l'année 2008, en remplacement du système VIVO. Le système TIARE a été conçu de façon à ce que

⁸⁹ Le système SIGMA n'a pas été conçu dans cette optique. Cependant, afin d'alimenter le système VIVO selon les plans de vol déposés, SIGMA et VIVO ont été connectés.

l'ensemble des données transite sur une même interface au niveau du contrôle. En plus des applications CPDLC et ADS-C, le système TIARE permet :

- Une gestion automatique des plans de vol des avions à destination, au départ ou en transit dans la FIR de Tahiti (ainsi qu'en déroutement).
- Un couplage des données contenues dans le plan de vol avec les données reçues par le radar ou par l'ADS.
- La prise en compte de différentes sources de détection de la position des aéronefs : radar et ADS-C (le système informatique privilégie la détection la plus précise). Ainsi, lorsqu'un avion sous couverture radar et ADS-C est détecté, le système informatique affichera en priorité sur l'écran de contrôle du contrôleur, les données issues du radar – et cela en raison du caractère continu de la transmission à la différence de l'ADS-C pour lequel la transmission ne s'effectue que toutes les x minutes. Lorsque l'aéronef ne se situe pas dans le rayon de détection du radar, le système informatique affichera alors les données reçues par l'ADS-C⁹⁰.
- La numérisation des strips : passage du strip papier au strip numérique.
- Une coordination automatique avec les secteurs adjacents en entrée et/ou en sortie de FIR.

C'est dans ce contexte empirique que notre étude s'est déroulée. Nous avons ainsi pu assister à la mise en œuvre du système TIARE dans le centre de contrôle de Tahiti ainsi qu'aux formations des contrôleurs sur simulateur et sur position de contrôle.

3. Recueils et analyses de matériaux

Nous proposons, dans ce troisième point, de rendre compte des matériaux que nous avons récoltés en précisant les types de recueils de matériaux que nous avons utilisés. Puis, nous concluons ce chapitre en spécifiant la méthode utilisée pour l'analyse de ces matériaux.

3.1. Constitution d'un corpus pluriel

Nous avons utilisé diverses techniques de recueil de matériaux afin de mettre en lumière différents éléments de notre objet d'étude. Nous avons essentiellement pratiqué trois types de

⁹⁰ Il est à noter que selon que la détection des aéronefs s'effectue par radar ou par ADS, les normes de séparations réglementaires ne sont pas les mêmes.

recueils de données : des entretiens compréhensifs⁹¹ (afin de recueillir les expériences des acteurs concernés), des observations (afin d’appréhender le contexte de travail des acteurs en situation et de disposer d’une description des lieux et des pratiques de ces derniers) et des analyses de supports (PowerPoint présentés lors des formations continues, captures d’écran, textes réglementaires, strips, etc.) que nous avons récoltés lors de nos entretiens ou de nos observations et qui nous ont permis de mieux appréhender le fonctionnement des outils et leurs architectes. Précisons qu’afin de mieux cerner les tenants et aboutissants du contexte de déploiement des systèmes techniques étudiés, nous avons eu recours, à plusieurs reprises, à des recherches approfondies sur un certain nombre de sites internet proposés par les différentes institutions et acteurs engagés dans la mise en œuvre de ce projet (cela concerne à la fois les sites officiels des organismes de la circulation aérienne, mais également les forums de discussions⁹² dédiés aux acteurs du milieu aéronautique). Ces recherches nous ont permis de nous familiariser avec un certain nombre de notions spécifiques au secteur de l’aéronautique et ainsi, de mieux comprendre les mécanismes de fonctionnement de certains outils.⁹³

Sans prétendre avoir eu recours à des méthodes d’investigation originales, il nous semble que la diversité des éléments récoltés au travers de ces types de recueil de matériaux nous a permis de disposer d’un corpus qui, loin d’être complet (autant que cela soit possible), fut du moins pluriel et complémentaire, nous permettant ainsi d’éclairer différentes facettes de notre objet d’étude. En procédant de la sorte, nous tentions de « construire l’objet » de notre recherche, à savoir, comme le souligne Jean-Claude Kaufmann, que « le terrain n'est plus une instance de vérification d'une problématique préétablie mais le point de départ de cette problématisation » (2006, p.20). Nous souscrivons, en effet, à l’idée selon laquelle le terrain ne doit pas être un espace de confirmation d’hypothèses pré-établies sur la base d’un cadre théorique déjà consolidé mais au contraire, qu’il doit être un lieu de curiosité, de questionnements et d’étonnements dans et par lequel se dessine progressivement la problématique. En cela, nous considérons que notre travail de terrain s’est effectué en deux

⁹¹ Nous nous référons ici à la méthode d’enquête proposée par Jean-Claude Kaufmann dans son ouvrage sur l’entretien compréhensif (2006).

⁹² Nous avons, par exemple, consulté le site « aéronet » qui est un forum de discussion dédié aux professionnels de l’aéronautique : <http://forum.aeronet-fr.org/>.

⁹³ Nous faisons notamment référence aux notions techniques décrites (notamment dans le chapitre 1 et 4) et qui pour être retranscrites de la sorte, nous ont demandé un travail de fond quant à la compréhension des systèmes techniques utilisés et des enjeux associés.

temps : une première phase exploratoire nous a permis de nous « former » à notre terrain, d'en découvrir les acteurs/actants, les dynamiques et les enjeux et de préciser sur cette base notre première réflexion théorique et méthodologique. Une réflexion théorique, dans la mesure où, même si nous n'arrivions pas vierge de tout cadre théorique, celui-ci prenait davantage la forme d'une esquisse qui nous permettait de dresser les pourtours de ce que nous allions observer sans que cela ne fige notre appréhension du terrain. Et une réflexion méthodologique, dans la mesure où notre investigation de terrain devait procéder d'un ajustement avec ce qui était pertinent et possible de mettre en œuvre. Après cette première confrontation au terrain et suivant les données recueillies, une deuxième phase de « consolidation » nous a permis d'explorer notre terrain sous un angle affiné. Au final, c'est par ce mouvement circulaire entre méthode-terrain-théorie que s'est progressivement construit notre objet : « l'objet se construit peu à peu, par l'élaboration théorique qui progresse jour après jour, à partir d'hypothèses forgées sur le terrain. Il en résulte une théorie d'un type particulier, frottée au concret, qui n'émerge que lentement des données » (*ibid.*, p22).

Dans un premier temps, une première base théorique reposant sur les apports de la cognition distribuée d'Hutchins et de l'action située de Suchman, nous a permis de considérer le caractère émergent et contingent des activités de pilotage et de contrôle, et de tenter de saisir la façon dont les individus interagissent avec les artefacts et les autres individus du système fonctionnel. Dans ce cadre là, nous portons notre attention sur les processus de coordination entre les individus ainsi que sur leurs usages des artefacts matériels. Cela nécessitait, lors de nos observations et de nos entretiens, de nous focaliser sur le fonctionnement même de l'outil afin d'en comprendre son utilisation par les acteurs. A ce premier « filtre théorique » sont venus s'articuler, dans un deuxième temps, les apports conceptuels de la théorie de l'activité d'Engeström afin de ne pas uniquement considérer le niveau local de l'action mais de prendre en compte le contexte social, culturel et historique de l'activité au fil du temps afin de positionner les enjeux contemporains tels qu'ils se nouent autour des activités de coordination et d'intercompréhension entre pilotes et contrôleurs en liant ce qui se passe en situation avec les logiques socio-historique préexistantes. Pour cela, le recours aux entretiens compréhensifs nous a permis de disposer d'espaces d'échanges privilégiés pour récolter des informations quant aux vécus des acteurs et à leurs analyses de la situation actuelle. Puis, pour questionner plus avant la façon dont les cadres normatifs prenaient forme dans les artefacts techniques et soulevaient de nouvelles tensions au niveau des pratiques, nous avons mobilisé la notion d'architexte élaborée par Yves Jeanneret (1999).

Pour cela, la formation sur simulateur que nous avons effectué ainsi que les divers documents récoltés se sont avérés fort utiles dans notre compréhension de ces architextes.

3.2. Pour une approche compréhensive du terrain

Comme nous avons pu l'évoquer dans la partie précédente, notre méthode d'investigation a largement été inspirée des pratiques méthodologiques présentées par Jean-Claude Kaufmann dans son ouvrage sur l'entretien compréhensif (2006). Loin d'être un ouvrage uniquement basé sur l'entretien, Jean-Claude Kaufmann nous propose une posture générale de l'étude du social en sciences humaines : « la démarche compréhensive s'appuie sur la conviction que les hommes ne sont pas de simples agents porteurs de structures mais des producteurs actifs du social, donc des dépositaires d'un savoir important qu'il s'agit de saisir de l'intérieur, par le biais du système de valeurs des individus » (2006, p.23). Il met ainsi en évidence que le but du sociologue consiste à comprendre intimement les manières de penser et d'agir des acteurs afin de mettre en lumière des processus sociaux. Nous pensons que cette approche compréhensive et la démarche associée en terme d'investigation de terrain est pertinente à mettre en œuvre dans le cadre d'une recherche en SIC dans la mesure où il s'agit bien d'accéder à des processus complexe en interaction articulant des évolutions sociales, économiques et normatives globales et des pratiques locales, des professionnels et des systèmes techniques avec lesquels et par lesquels ils échangent et mettent en œuvre leur activité. Suivant ce dessein, nous avons fait le choix de nous laisser, en partie, « guider » par notre terrain. Cependant, comme le souligne Jean-Claude Kaufmann, il ne s'agit pas non plus « d'abandonner toute rigueur, se laissant aller à l'impressionnisme et à l'intuition sans contrôle » (2006, p.23). Aussi avons-nous établi un cadre à nos échanges au travers de grilles d'entretien. Ces grilles ont été élaborées de façon à ce que les échanges prennent la forme de discussions dans lesquelles nos interlocuteurs étaient amenés à « raconter » leurs expériences et leurs pratiques. Ces entretiens ont été menés auprès de plusieurs catégories d'acteurs du milieu aéronautique : pour le volet « sol », les entretiens ont été effectués à la fois auprès d'interlocuteurs du centre de contrôle de Tahiti, mais également auprès d'interlocuteurs issus de la DTI et de l'ENAC. Pour le volet « air », nous avons menés des entretiens auprès de pilotes issus de différentes compagnies aériennes opérant sur des avions équipés du système CPDLC. Au cours de ces entretiens, il s'agissait d'interroger nos interlocuteurs sur leurs pratiques de travail et plus particulièrement sur leurs pratiques communicationnelles ainsi que de les « faire raconter » autour des spécificités du contexte de déploiement du système

technique. Au cours de notre travail, ces grilles ont évolué en fonction de la spécification progressive de notre problématique :

- une première grille a été élaborée (dans le cadre du master – Annexe 1, p.I) autour de la thématique de la phraséologie. Les questions s’orientaient alors davantage autour de la pratique du langage phraséologique d’une part dans des situations standard et d’autre part dans des situations inhabituelles.
- une deuxième grille a été élaborée autour des pratiques communicationnelles en contexte de changement technologique (Annexe 2, p.III). Suite à l’introduction du CPDLC, nous nous intéressions davantage à ce que cela participait d’une (re)construction des pratiques communicationnelles.

Lorsque cela était possible, nous enregistrions les entretiens afin de disposer d’un matériau sur lequel nous pouvions revenir (ce qui fut possible la plupart du temps).

Nous avons également effectué des observations d’une part dans le centre de contrôle de Tahiti et d’autre part à bord des cockpits sur des vols trans-océaniques sous couverture CPDLC. Ces observations ont été effectuées chaque été entre 2009 et 2011. Il s’agissait pour nous, de nous confronter aux pratiques des acteurs en situation et de suivre les trajectoires d’action en détail et leur déroulement contingent (Mondada, 2002). Pour mener ces observations, nous nous sommes présentée en tant qu’étudiante effectuant une thèse sur la mise en œuvre du système CPDLC. Afin de limiter l’auto-censure de nos interlocuteurs sur certains aspects de leur travail, nous avons pris soin de spécifier que notre intervention n’était commandée par aucun organisme et qu’il s’agissait là d’un travail universitaire. S’agissant de comprendre les pratiques des acteurs aux prises avec un système technique, notre difficulté fut de trouver le juste milieu entre une présence suffisamment visible qui amènerait les acteurs à formuler et à expliquer les actions qu’ils étaient en train de mener et une distance nécessaire pour ne pas perturber et orienter le cheminement habituel de leurs pratiques (bien que nous ayons pleinement conscience que notre présence à elle seule suffise à marquer une différence avec « l’habituel »).

Concernant les observations menées au centre de contrôle de Tahiti, nous avons effectué, dans un premier temps, des demandes d’autorisation d’accès aux sites auprès du chef de service de la navigation aérienne de ce centre. En effet, l’accès au centre de contrôle étant fortement réglementé et contrôlé, il nous a fallu prévoir en amont, les autorisations nécessaires afin d’organiser les formalités d’accès à ces sites. Dans un deuxième temps, nous

avons pris contact avec les différentes équipes afin d'organiser notre venue (avec celles qui voulaient bien nous recevoir). Toutes ces observations se sont déroulées de nuit entre 22h et 2h du matin, créneau horaire durant lequel la majeure partie du trafic trans-océanique (équipé du système CPDLC) passe dans la FIR de Tahiti. Durant ces périodes, les secteurs de contrôle (« aéroport », « approche », « en-route ») de la FIR de Tahiti sont regroupés dans la mesure où le trafic d'aviation légère n'a plus cours (vol à vue) et que le trafic inter-île est très peu dense⁹⁴. Lors de nos observations durant l'été 2011, nous avons pu obtenir l'autorisation de filmer le travail des contrôleurs sur position. Nous avons ainsi effectué deux soirées d'observation filmées (environ 3 heures d'enregistrement).

Concernant les observations menées en cockpit, compte tenu de la complexité d'obtention des autorisations d'accès aux cockpits par les compagnies aériennes, notre démarche consistait à prendre directement contact avec les commandants de bord le jour du voyage. Nous préparions, avant le voyage, un ensemble de documents attestant de notre statut⁹⁵ et des objectifs de notre démarche. Une fois à bord, nous transmettions, via le personnel navigant commercial, notre courrier afin qu'il le transmette au commandant de bord. Lorsque notre demande était acceptée, un personnel navigant nous conduisait dans le cockpit. Nous disposions, sur place, d'un siège situé à l'arrière de la cabine depuis lequel nous pouvions observer les pilotes à l'œuvre. Lorsque les pilotes n'étaient pas en train de mener des actions spécifiques, nous en profitions pour échanger avec eux (sur la base de notre grille d'entretien) d'une part sur leurs pratiques de travail en général et d'autre part sur les outils et pratiques concernés pour le vol en question. Les durées d'observations ont varié de 1 à 5 heures suivant l'équipage rencontré, sa disponibilité et les conditions de vol (en cas de fortes turbulences, par exemple, les commandants de bords mettaient fin à l'observation). Pour des questions de sûreté et de confidentialité, ces observations n'ont pu faire l'objet d'un enregistrement audio ou vidéo. Nous avons cependant pu prendre (sur certains vols uniquement), en plus de nos notes, quelques photos du cockpit.

3.3. Les matériaux récoltés

Dans cette partie, nous souhaitons, dans un premier temps, faire un point sur notre traitement de la question de l'anonymat ; puis, nous proposons de présenter les matériaux

⁹⁴ Tous les aérodromes ne sont pas dotés de balisage de nuit.

⁹⁵ Notre appartenance à l'école doctorale Aéronautique-Astronautique (en partenariat avec l'ENAC) nous a été d'une grande aide quant à la légitimité de notre demande.

recueillis que nous estimons selon qu'ils relèvent de la première phase (les débuts de l'investigation du terrain) ou de la deuxième phase (approfondissement du terrain) ainsi que selon le type d'étude de terrain mené.

3.3.1. La question de l'anonymat

Afin de respecter l'engagement que nous avons pris auprès de nos interlocuteurs, nous nous efforçons de conserver au maximum l'anonymat des personnes rencontrées. En cela, nous avons modifié les noms de nos interlocuteurs. Cet engagement à l'anonymisation était une contrepartie pour l'accès aux sites (tour de contrôle et cockpit) et un appui pour limiter la rétention d'information lors de nos entretiens. Nous présentons ci-dessous les noms et fonctions des interlocuteurs auxquels nous faisons référence dans la troisième partie de cette thèse (les autres interlocuteurs rencontrés sont présentés dans la partie suivante).

- **Jean** est un ancien contrôleur aérien et ancien instructeur (ENAC). Il a participé à la mise en œuvre du radar dans le centre de contrôle de Tahiti et est actuellement chargé d'une partie de la formation sur simulateur sur le système TIARE au profit des nouveaux contrôleurs.
- **Michel** est un contrôleur (chef d'équipe) détaché à la subdivision étude (pour les évolutions d'Eurocat-X).
- **Sandrine** est contrôleur (chef d'équipe). Elle était en poste lors d'un incident dans le cadre de l'utilisation du CPDLC.
- **Patrice** est contrôleur aérien (chef d'équipe). Il était en poste lors d'un incident dans le cadre de l'utilisation du CPDLC.
- **François** est commandant de bord au sein de la compagnie AIR1 et effectue des vols trans-océaniques sous couverture CPDLC.
- **Maxime** est commandant de bord au sein de la compagnie AIR2 et effectue des vols trans-océaniques sous couverture CPDLC.
- **Francis** est commandant de bord au sein de la compagnie AIR3 et effectue des vols trans-océaniques sous couverture CPDLC.
- **Daniel** est un ancien directeur du programme de formation des pilotes et un ancien pilote-inspecteur de la DGAC (chargé de la vérification des protocoles de pilotage en vol pour les pilotes des compagnies) sur des vols trans-océaniques. Il est actuellement instructeur à l'ENAC.
- **Loïc** est un contrôleur-instructeur (chef d'équipe).

3.3.2. Les débuts de l'investigation de terrain

3.3.2.1. Les premiers entretiens

Périodes d'étude	Types d'études réalisées	Questionnements/objets d'étude	Généralités	Spécificités pour chaque étude réalisée	Méthode
Année 2007	<p>6 entretiens ont été effectués avec différents acteurs du milieu aéronautique :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 entretien avec un contrôleur d'un centre de contrôle métropolitain - 1 entretien avec un contrôleur retraité qui était responsable des études et chargé de la réglementation - 2 entretiens avec des contrôleurs du centre de contrôle de Tahiti - 1 entretien avec un pilote effectuant des vols trans-océaniques - 1 entretien avec un contrôleur-instructeur : contrôleur au centre de contrôle de Tahiti 	<p>Questionnements autour de la phraséologie :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Appréhender le travail communicationnel des contrôleurs aériens et des pilotes - En quoi consiste la phraséologie ? Comment et pourquoi a-t-elle été définie ? - Question de l'apprentissage et de la formation - Question de l'utilisation du langage phraséologique en situations standard et en situations inhabituelles. 	<p>Ces entretiens nous ont permis, d'une part, de nous familiariser avec la pratique de la radiotéléphonie comme mode de transmission des messages de la circulation aérienne et d'autre part, de découvrir le projet de mise en œuvre d'un système de transmission des données par liaison de données numériques. Nous avons donc dans un deuxième temps davantage orienté nos questions sur cette nouvelle pratique communicationnelle.</p>	<p>Entretiens compréhensifs. La durée des entretiens varie d'environ 30 min à 1h.</p>	
Années 2008 2009	<p>1 entretien avec 1 membre de la direction du département facteurs humains de l'ENAC.</p>	<p>Questionnements autour de la thématique du CPDLC :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Généralités sur l'introduction de l'application CPDLC dans les échanges entre pilotes et contrôleurs aériens. 	<ul style="list-style-type: none"> - Questions davantage orientées sur les retours d'expériences des contrôleurs aériens et/ou pilotes. - Mesures prises dans le cadre de la formation. 	<p>Entretiens compréhensifs.</p>	

	<ul style="list-style-type: none"> - Discussions autour de cas de situations d'incidents et accidents - Questions davantage orientées sur la mise en œuvre du système TIARE : objectifs, contraintes. - Questions autour de la programmation du système technique et du préformatage des messages : quelle classification ? Pourquoi ? Quelle ergonomie ? 	
<ul style="list-style-type: none"> - En quoi consiste le CPDLC ? - Questions de l'apprentissage et de la formation. - Questions autour de l'arbitrage CPDLC/vocal. - Questions des standards d'utilisation du CPDLC relativement à la pratique réelle d'utilisation en situations. 		
<ul style="list-style-type: none"> - Questions autour de l'utilisation du CPDLC en zone continentale : quelles réglementations (quelles sont les consignes d'utilisation du CPDLC : pour quel niveau de vol ? seul ou couplé à la radiotéléphonie ?) - Questions autour du déploiement de ce système en Europe : quels objectifs ? quelles contraintes ? 		

1 entretien avec le responsable d'une entreprise de sous-traitance de la DTI. Personne ayant participé à l'installation de l'application CPDLC sur le système VIVO dans le centre de contrôle de Tahiti. Personne chargée de la formation pour les contrôleurs du centre.

2 entretiens avec des pilotes effectuant des vols dans l'espace aérien contrôlé par le centre de Maastricht.

*Remarque : en Europe, seul le centre de contrôle de Maastricht est actuellement équipé de l'application CPDLC. Les pilotes rencontrés effectuent régulièrement des vols au dessus de cette zone.*⁹⁶

⁹⁶ L'espace supérieur (au dessus de 24 500 pieds soit environ 7 500 mètres) du centre de contrôle de Maastricht (MUAC : *Maastricht Upper Area Control Centre*) est exploité par Eurocontrol (organisation européenne pour la sécurité de la circulation aérienne) et s'inscrit dans le projet « ciel unique européen » (projet d'harmonisation des services de contrôle et des systèmes techniques). Dans ce projet, le centre de contrôle de Maastricht gère l'espace aérien supérieur au-dessus de la Belgique, de la Hollande et du Luxembourg.

3.3.2.2. La formation ENAC

Périodes d'étude	Types d'études réalisées	Questionnements	Méthode
Année 2009	1 semaine de formation au sein de l'ENAC dont 1 journée de formation au sein de la DTI.	L'objectif de cette formation consistait à découvrir/apprendre différentes notions liées aux modes de transmission des données en milieu aéronautique et plus particulièrement les liaisons de données numériques. Les thèmes abordés lors de ce stage ont notamment porté sur le programme CNS/ATM et les politiques de mise en œuvre de celui-ci ; les moyens de transmissions des données de la circulation aérienne, actuels et futurs ; et les différentes « couches physiques » des canaux de transmission utilisés pour la circulation des données. Durant la journée de formation au sein de la DTI, nous avons assisté à une présentation d'une part des expérimentations CPDLC qui se sont déroulées à Reims en 2008 et d'autre part, à une présentation du projet TIARE.	Durant cette formation nous avions un statut un peu hybride entre d'une part notre position d'étudiant, au même titre que les autres participants de la formation et d'autre part, une position d'observateur de ce qui se mettait à l'œuvre durant cette formation. Nous avons également, à la fin de certains modules, profité de cette occasion pour échanger avec les intervenants autour de notre sujet de thèse.

3.3.3. Approfondissement du terrain

3.3.3.1. Les entretiens

Périodes d'étude	Types d'études réalisées	Questionnements	Spécificités	Méthode
Année 2010	1 entretien avec le chef de la subdivision étude du SEAC.PF	<p>Questionnements autour des pratiques de travail et plus particulièrement des pratiques communicationnelles :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Comment s'organise le travail (sur 1 service) : comment s'effectue la division du travail ? Quels sont les outils utilisés ? - Question des conditions d'utilisation des architectes du système TIARE. - Question de la trajectoire historique de l'implantation du système TIARE: qu'est-ce qui a motivé ce changement ? 	<p>Au cours de ces 3 entretiens, nous avons orienté nos questions sur l'organisation de la mise en œuvre du système et de la réglementation en vigueur.</p>	Entretiens compréhensifs
	1 entretien avec un membre de la subdivision étude du SEAC.PF, chargé de mission sur la mise en place et le développement d'Eurocat-X.			
	1 entretien avec un contrôleur détaché à la subdivision étude du SEAC.PF, chargé d'étude pour les évolutions d'Eurocat-X			
	1 entretien avec un pilote « simulateur », ancien contrôleur et ancien instructeur à Eurocontrol.		<p>Durant cet entretien, nous avons pu obtenir des informations quant aux réflexions menées sur l'interface du système TIARE lors des groupes d'études organisés au sein d'Eurocontrol.</p>	
	1 entretien avec un contrôleur chef d'équipe au centre de contrôle de Tahiti et ancien instructeur			

	2 entretiens avec des contrôleurs du centre de Tahiti (ayant, par ailleurs, été témoins d'un incident lors de l'utilisation de l'application CPDLC)		Après avoir pris connaissance du rapport du BEA sur les 2 incidents survenus dans la FIR de Tahiti lors de l'utilisation du CPLDC (couplé à la radiotéléphonie), nous avons profité de ces entretiens pour demander aux 2 contrôleurs concernés de nous « raconter » leurs expériences de ces situations.	
Année 2011	3 entretiens avec des pilotes appartenant à des compagnies aériennes différentes		Questions autour de la « vie d'un vol » (du dépôt du plan de vol jusqu'à l'atterrissage)	
	1 entretien collectif avec le contrôleur détaché à la subdivision étude du SEAC.PF, chargé d'étude pour les évolutions d'Eurocat-X et le membre de la subdivision étude du SEAC.PF, chargé de mission sur la mise en place et le développement d'Eurocat-X.		Durant cette phase de terrain, nous souhaitons organiser des entretiens collectifs afin de confronter les différents points de vue ⁹⁷	Entretien compréhensif. L'enjeu de cet entretien était de faire discuter les acteurs entre eux autour de l'implantation du système TIARE.

⁹⁷ Idéalement, nous souhaitons mettre en place : 1) des entretiens collectifs avec des contrôleurs, 2) des entretiens collectifs avec différents pilotes, 3) des entretiens collectifs avec des pilotes et des contrôleurs. Mais cela ne fût pas possible à la fois pour des questions de planning (rotation des équipages ne permettant pas de disposer de créneaux compatibles) mais surtout car les tensions d'une part entre pilotes de différentes compagnies, et d'autre part entre pilotes et contrôleurs ne nous ont pas permis de mener à bien cette démarche.

3.3.3.2. La formation sur simulateur

Périodes d'étude	Types d'études réalisées	Questionnements	Méthode
Août 2010 et Août 2011	Deux demies journées de formation sur le simulateur Eurocat-X du SEAC.PF (environ 5 heures de formation) sous la direction d'un contrôleur détaché à la subdivision étude du SEAC.PF, chargé d'étude pour les évolutions d'Eurocat-X	Il s'agissait ici d'appréhender le système TIARE au travers de la manipulation de l'outil. Cela nous a permis de simuler des situations standard et dégradées et d'observer le fonctionnement de l'outil dans telle ou telle configuration (déclenchement d'alarme). - Questions autour des conditions d'utilisation du système. - Questions autour des règles d'utilisation à appliquer en fonction de la situation.	Nous nous sommes positionnée en tant qu'« apprenant externe» où l'enjeu était de comprendre le fonctionnement du système au travers de discussions. Nous étions 3 en simulation : l'instructeur chargé de la formation côté « contrôleur » et un pilote « simulateur » pour simuler les échanges pilotes-contrôleurs.

3.3.3.3. Les observations

➤ Observations en tour de contrôle

Périodes d'étude	Types d'études réalisées	Questionnements	Spécificités	Méthode
Août 2009	3 soirées d'observation au centre de contrôle de Tahiti (environ 12heures d'observation)	Comment s'organise le travail des contrôleurs ? - Quelle est la nature du travail ? - Quels outils ont-ils à disposition ? - Quels usages de ces	Lors de ces observations, un contrôleur était en formation sur position de contrôle. Cela nous a permis d'observer les problèmes rencontrés par ce contrôleur lors de l'utilisation du système TIARE.	Observation « compréhensive ». Nous nous situons à côté d'un contrôleur aérien sur position de contrôle. Cela nous permettait d'échanger

Août 2010	3 soirées d'observation au centre de contrôle de Tahiti (environ 12heures d'observation)	<p>outils ?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quels usages des lieux ? - Quelle organisation du travail ? - Quelle répartition des tâches ? 		au fur et à mesure sur les pratiques du contrôleur.
Août 2011	2 soirées d'observation au centre de contrôle de Tahiti (environ 4 heures d'observation)	<p>Zoom sur un poste de travail ?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quelles conditions d'utilisation du poste de travail ? - Quelles conditions d'utilisation du système technique ? - Quelles manipulations de l'architexte ? 		<p>Observation filmée.</p> <p>Nous nous positionnions à côté de la caméra qui se situait derrière un poste de travail. Il s'agissait de ne pas perturber le travail des contrôleurs par l'utilisation d'une caméra.</p>
	2 heures d'observation du déroulement de simulations d'apprentissage aux profits des nouveaux contrôleurs.		<p>Il s'agissait d'observer la formation des contrôleurs en situation</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quels sont les problèmes rencontrés par les contrôleurs ? - Quelles questions sont posées ? - Quels usages de l'outil dans telle ou telle situation ? 	<p>Observation en salle de simulation. Nous ne participions pas à la formation mais observions comment celle-ci se déroulait.</p>

➤ **Observations en cockpit**

Périodes d'étude	Types d'études réalisées	Questionnements	Spécificités de l'étude	Méthode
Août 2009	Observation en cockpit sur des vols trans-océaniques (3 heures d'observation)	Comment s'organise le travail des pilotes ?	- Découverte du cockpit. - Schéma du cockpit.	Observation « compréhensive ».
Août 2010	Observation en cockpit sur des vols trans-océaniques (5 heures d'observation)	<ul style="list-style-type: none"> - Quelle répartition des tâches ? - Quels outils ? Pour quelles utilisations ? - Quels documents relatifs aux consignes des compagnies aériennes ? - Quelles conditions d'utilisation du cockpit ? (écran individuel, écran commun, quel type d'informations sur ces écrans) 	<p>Lors de cette observation, le personnel navigant technique était composé d'un commandant de bord et de deux pilotes en formation. Cela nous a permis d'observer et de discuter de leur pratique de l'application CPDLC.</p> <p>Lors de cette observation, la messagerie CPDLC a subi une panne temporaire. Dans cette configuration de la situation, nous avons pu observer un report de position par radiotéléphonie HF.</p>	<p>Lorsque cela était possible (en fonction des tâches en cours effectuées par les pilotes), nous posions des questions aux pilotes sur la base de nos grilles d'entretien.</p>
Août 2011	Observation en cockpit sur des vols trans-océaniques (2 heures d'observation)	<p>Zoom sur l'écran dédié au CPDLC :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quelles conditions d'utilisation ? - Quelle utilisation des messages CPDLC en fonction de la situation ? 		

3.3.3.4. *Les documents :*

Nous avons exploité différents documents en lien avec notre objet d'étude. Voici les principaux :

- Le rapport du BEA relatif aux incidents de la circulation aérienne qui se sont déroulés dans la FIR de Tahiti le 31 janvier 2002 et le 8 février 2002 (Annexe 4, p.VII).
- Les documents Power Point qui accompagnent les présentations de l'outil TIARE lors des formations. Ces PPT présentent les caractéristiques de l'outil, le contexte de déploiement de cet outil ainsi que les règles d'usage de celui-ci.
- Les captures d'écran réalisées lors de nos observations. Ces documents nous ont permis de garder une trace de l'interface du système TIARE.
- Les documents règlementaires utiles à notre compréhension de la réglementation (doc 4444 de l'OACI, les ESARR).
- Les présentations PPT et autres documents issus de la formation ENAC que nous avons effectuée. Ces documents présentent l'ensemble des transmissions numériques mises en œuvre dans le cadre des liaisons de données numériques.

3.3.4. L'analyse des matériaux

La quasi-totalité des entretiens effectués a pu faire l'objet d'un enregistrement audio que nous retranscrivions dans son intégralité. Sur cette base, nous effectuons, pour chaque entretien, une grille heuristique selon d'une part, les thèmes abordés et d'autre part, ce qui nous semblait relever de « découvertes et/ou d'étonnements » de notre interlocuteur (sa façon de s'exprimer de l'interlocuteur, les notions initialement non convoquées, etc.). Puis, nous tentons de reconstituer l'architecture du discours, l'ordre dans lequel étaient apparues les idées relativement à la grille d'entretien. Il s'agissait ici d'identifier les acteurs/actants invoqués dans le discours. Cela pouvait se traduire par des références aux règles organisationnelles, aux usages prescrits et contraintes d'utilisation des outils, aux pratiques des acteurs en contexte opérationnel. Enfin, nous comparons les entretiens entre eux afin d'établir des corrélations entre les différents thèmes abordés (identifier les effets de répétition ou au contraire, les contradictions). A partir de là nous constituons des catégories thématiques que nous pouvions approfondir au travers des observations et de l'étude des documents.

Concernant les observations, celles-ci n'ont pu faire l'objet d'enregistrements audio ou vidéos, hormis durant les observations menées en Août 2011 en tour de contrôle où nous avons pu filmer le travail des contrôleurs sur position durant 3 heures, sur 2 soirées. Tout comme les entretiens, nous nous efforcions durant ces observations de relever les éléments qui nous semblaient alors, « sur le vif », pertinents afin de les corrélés, par la suite, à ce que nous avons relevé dans les discours des acteurs. Lorsque cela s'y prêtait, nous effectuions des schémas pour décrire l'organisation de l'espace, des outils et des acteurs. Au final nous tentions d'immortaliser au maximum ce qui nous était donné à voir et que nous avions peur de laisser s'oublier. Dans le cadre des observations filmées, nous avons effectué un découpage thématique selon ce qui était à l'œuvre durant ces moments. Puis nous avons retranscrit la bande sonore qui, du fait du parasitage radiotéléphonique, était difficilement audible. Sur cette base, nous avons corrélé les informations recueillies avec celles issues des entretiens.

Par ailleurs, nous avons également analysé certains documents dont notamment le rapport du BEA relatif aux incidents survenus dans la FIR de Tahiti le 31 janvier et le 02 février 2002. Sur la base des éléments recueillis dans ce rapport, nous avons eu l'opportunité d'effectuer des entretiens avec les deux contrôleurs témoins de ces incidents afin de recueillir leurs expériences lors de ces situations. Nous avons également exploité d'autres documents tels que les PowerPoint présentés lors des formations des contrôleurs ou les réglementations associées aux usages des dispositifs techniques. Pour l'analyse de ces matériaux, nous ne recourons à aucun modèle type ne serait-ce que par la diversité de leurs formes. Nous nous préoccupions avant tout de comprendre ce qui était présenté dans ces documents.

Sur la base de ce terrain de recherche, des matériaux récoltés et de notre cadre théorique, nous proposons dans une troisième partie, de procéder à la mise en analyse de ce travail.

PARTIE 3

Vers une reconfiguration des pratiques communicationnelles des pilotes et des contrôleurs aériens

Chapitre 5

***Les tensions à l'œuvre dans le système d'activité
de la navigation aérienne... p.156***

Chapitre 6

***Les outils et leurs architextes en présence :
questions d'autorité et de responsabilité... p.192***

Chapitre 5

Les tensions à l'œuvre dans le système d'activité de la navigation aérienne

Pour comprendre la façon dont l'évolution des systèmes techniques participe à certaines reconfigurations des pratiques communicationnelles des pilotes et des contrôleurs aériens, nous souhaitons dans ce chapitre, porter notre attention sur les dynamiques socio-historiques et économiques qui ont mené à cette situation de changement. En effet, comme nous l'avons annoncé précédemment, il nous semble que pour saisir les transformations associées à la mise en œuvre du système technique étudié, il est nécessaire de ne pas considérer uniquement la relation qu'entretiennent les individus avec l'objet technique mais de resituer l'outil dans des pratiques plus larges afin de comprendre « comment des idées, des savoirs, des représentations s'élaborent » (Jeanneret, 2009). A l'instar d'Yves Jeanneret, nous considérons que pour appréhender ce qu'il nomme « la production symbolique de l'information et du savoir » il est nécessaire d'opérer un aller-retour entre une étude plus située et les changements globaux. En portant un regard critique sur l'approche socio-technique des usages comme relevant encore d'un clivage entre technique et social, Yves Jeanneret met en évidence que :

« L'usage est un élément de la pratique culturelle, celui qui concerne les situations où les sujets sociaux sont confrontés à des dispositifs conçus par d'autres. Il n'y aurait donc pas, pour moi, des usages de l'information, mais plutôt des pratiques informationnelles qui conduisent les sujets sociaux à être parfois confrontés à des dispositifs de médiation produits par d'autres (professionnels de l'information, ingénieurs, amateurs, marchands). Si l'on part de cette idée simple, on veillera toujours à se demander quel concept de pratique culturelle et informationnelle on mobilise lorsqu'on étudie l'usage des objets culturels, des dispositifs de communication, des œuvres et des textes » (Jeanneret, 2009, p.84).

En suivant ce dessein, nous proposons de mobiliser la théorie de l'activité (Engeström, 1987) pour rendre compte du processus socio-historique des activités de pilotage et de contrôle. En effet selon la théorie de l'activité, pour comprendre le changement que subissent les systèmes d'activités, il faut lier le niveau situationnel avec les logiques socio-historiques préexistantes

afin de rendre compte de l'évolution de l'activité. Cela permet d'identifier les différentes formes de contradictions et leurs déplacements à l'occasion de l'introduction d'un nouvel outil dans les pratiques communicationnelles, de comprendre les raisons des pratiques existantes, en déduire les freins, les inhibitions ou au contraire les acceptations des nouveaux systèmes et méthodes induites et de les inscrire dans un cadre plus large. Prendre appui sur la théorie de l'activité nous permet ainsi d'avoir accès à des éléments qui dépassent le cadre plus local de l'interaction pour nous permettre d'appréhender certains éléments qui, nous le verrons, viennent s'actualiser au cours de l'action.

En suivant le concept de contradiction proposé par Yrjö Engeström, il s'agit ici de rendre compte de l'évolution du processus de transformation de l'activité en identifiant les tensions à l'œuvre à l'intérieur et entre les systèmes d'activités. Comme explicité au chapitre 3, toute activité présente des contradictions (contradiction primaire) qui se manifestent par des tensions, des troubles, des problèmes concrets dans la conduite de l'activité (contradiction secondaire). Ces tensions incitent les acteurs à repenser l'organisation et à aller chercher dans d'autres systèmes d'activités des solutions, des moyens de résoudre ces tensions (contradiction tertiaire). Aussi, l'identification de ces tensions permet de suivre les différentes étapes de l'évolution et des transformations de l'activité au fil du temps. Précisons que, bien qu'ayant procédé à une mise en histoire de l'automatisation du contrôle aérien lors du chapitre 1, ce dont nous souhaitons rendre compte ici, à l'aune de la théorie de l'activité, relève d'une focale différente dans la mesure où nous nous intéressons aux tensions qui font surface à l'intérieur et entre les systèmes d'activité. Cela nous permet de mettre en lumière certains éléments de l'activité des pilotes et des contrôleurs au regard des dynamiques socio-historiques et économiques qui ont participé à forger leurs identités, leurs pratiques et leurs représentations de leurs activités.

Pour cela, nous proposons d'appréhender l'activité de la navigation aérienne comme relevant de l'interaction de deux systèmes d'activité : le système d'activité du contrôle et le système d'activité du pilotage. Dans la troisième génération de la théorie de l'activité, Yrjö Engeström (2005) considère que l'analyse doit se porter sur le système d'activité collectif, médié par l'artefact et orienté vers l'objet au sein de réseaux et en relation avec d'autres systèmes d'activités. Compte tenu de l'interdépendance des activités de pilotage et de contrôle, nous rejoignons Engeström sur la pertinence d'inclure dans une même unité d'analyse, un minimum de deux systèmes d'activités en interaction. Cela nous permet de mieux appréhender ce qui se joue dans les intersections entre le système d'activité de pilotage

et le système d'activité de contrôle ; et ainsi, de saisir les éléments qui influencent les actions engagées par les acteurs dans la conduite de leurs activités. En effet, lorsque les acteurs sont répartis temporellement et spatialement, les actions engagées sont influencées par de nombreux facteurs autres que les situations de communication effectivement réalisées (Engeström, 2005 selon Owen, 2008).

Dans cette perspective, nous avons retenu de ne pas uniquement circonscrire notre étude sur la place et le rôle de l'outil dans la relation de coordination entre pilotes et contrôleurs. En effet, nous rejoignons Engeström sur l'idée que la compréhension plus large du contexte dans lequel s'inscrivent les actions des individus nous permet de saisir les éléments de tension qui traversent l'activité à tous les niveaux – à savoir la visée, les outils, les règles, la communauté et la division du travail – et qui sont à l'origine de la reconfiguration sociale et matérielle de leurs activités.

1. Appréhender le système d'activité de la navigation aérienne comme deux systèmes d'activité en interaction

Nous avons vu lors du chapitre 1, que dans le domaine de l'aviation, la mise en place d'un système de coordination du trafic aérien s'est progressivement imposée suite au développement de l'aviation commerciale de l'après-guerre. Par la suite, l'arrivée des avions à réaction au début des années 1960, puis la libéralisation du transport aérien en Europe au milieu des années 1980 a conduit à une multiplication des vols dans l'espace aérien et à une augmentation de la densité de trafic qu'il fallait alors réguler afin de prévenir les cas de collision. Compte tenu de l'encombrement du ciel, du perfectionnement technique des appareils (leur permettant d'accéder aux espaces « supérieurs »), ainsi que des exigences de sécurité, l'activité de contrôle est devenue indispensable dans la maîtrise des flux et le « contrôle » des aéronefs.

1.1. L'interdépendance inhérente aux activités de pilotage et de contrôle

Aujourd'hui, l'activité de pilotage (tout du moins en ce qui concerne les vols commerciaux) ne peut plus se pratiquer indépendamment de celle des contrôleurs. En effet, les pilotes, bien qu'étant seuls (au sens de l'équipage) à piloter leurs appareils, peuvent difficilement évoluer dans l'espace aérien en se coordonnant de façon autonome avec le reste du trafic. Le travail qui s'effectue dans l'activité de la navigation aérienne met en relation, à

chaque instruction de contrôle ou manœuvre d'aéronef requise, deux interlocuteurs qui ont des tâches distinctes mais qu'ils doivent effectuer en coordination.

L'interdépendance inhérente à ces deux activités est liée au fait que pilotes et contrôleurs agissent sur un même espace de travail : une portion du ciel, et poursuivent un même objectif global : la sécurité des vols. Est-ce à dire qu'il s'agit là d'une activité propre (au sens d'Engeström) ? Nous l'avons envisagé. En effet, les points de convergence réglementaires, technologiques, culturels qui lient les deux activités nous ont effectivement orientée dans ce sens. De plus, il est à noter qu'au début de l'aviation civile, les « agents de la circulation aérienne » furent recrutés parmi différents corps de métiers issus du monde de l'aviation dont notamment des ex-pilotes militaires (Owen, 2008). Comme en témoigne Marcel Bousquet et Vital Ferry⁹⁸ dans un numéro spécial du magazine de la DGAC (2007⁹⁹) :

« A ce moment-là [de l'après-guerre], le recrutement se faisait surtout par le bouche à oreille. On avait des pilotes, des gars de la météo... mais personne du contrôle, pour la simple raison que le contrôle aérien n'existait pas » (Bousquet, p.6).

« C'était très curieux, sur six personnes embauchées en même temps que moi, il y avait un parachutiste, un pilote de junkers 88, un contrôleur du ravitaillement et un ancien radio de l'armée de l'air » (Ferry, p.6).

Lorsque le recrutement auprès des professionnels issus de l'aviation (soit qu'ils aient eu un brevet de pilotage, ou qu'ils aient été engagés dans l'armée de l'air, ou encore qu'ils aient été opérateurs radios) fut épuisé, le recrutement s'effectua dans le civil. Progressivement, compte tenu de l'augmentation de trafic et des impératifs économiques, s'est développée une rationalisation des pratiques de formation. Ainsi, au gré de la structuration et de la règlementation des différents rôles et des missions de chacun dans la gestion conjointe du ciel, les activités de pilotage et de contrôle se sont développées de façon relativement spécialisées, chacune dotée de ses instruments et techniques spécifiques. A ces particularités techniques propres se sont ajoutés des découpages de l'espace en secteurs de contrôle aérien favorisant des relations fonctionnelles plutôt qu'interpersonnelles. Dès lors, nous pouvons

⁹⁸ Vital Ferry était un passionné de vol à voile qui fut recruté comme agent de la circulation aérienne en 1946. Marcel Bousquet, un pilote dont la formation fut interrompue, se tourna alors vers le contrôle aérien.

⁹⁹En ligne : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/av_controle_aerien_hs-2.pdf, consulté en janvier 2011.

considérer qu'il s'agit là de deux activités distinctes parallèles et interdépendantes. Dans le cadre de notre étude, nous considérons ainsi que l'activité de la navigation aérienne requiert un travail conjoint qui se situe aux frontières de deux systèmes d'activités (Owen, 2008).

1.2. Deux systèmes d'activités en interaction

Comme illustré dans la Figure 10 ci-dessous, l'unité d'analyse se porte sur deux systèmes d'activité en interaction : l'activité orienté-objet du contrôle aérien est un système d'activité propre qui comprend les contrôleurs (le sujet), leur communauté, leurs règles, leur division du travail et leurs outils ; de la même manière, le système d'activité de pilotage est composé des pilotes (commandant de bord et équipage), de leur communauté, de leurs règles, division du travail et outils. Les deux systèmes d'activités sont liés par l'objet de leur activité qui est la réussite conjointe d'un vol en toute sécurité. Pour cela, les actions des pilotes et des contrôleurs sont médiées par des outils, des règles, des divisions du travail, des communautés qui portent des caractéristiques propres à leur système d'activité.

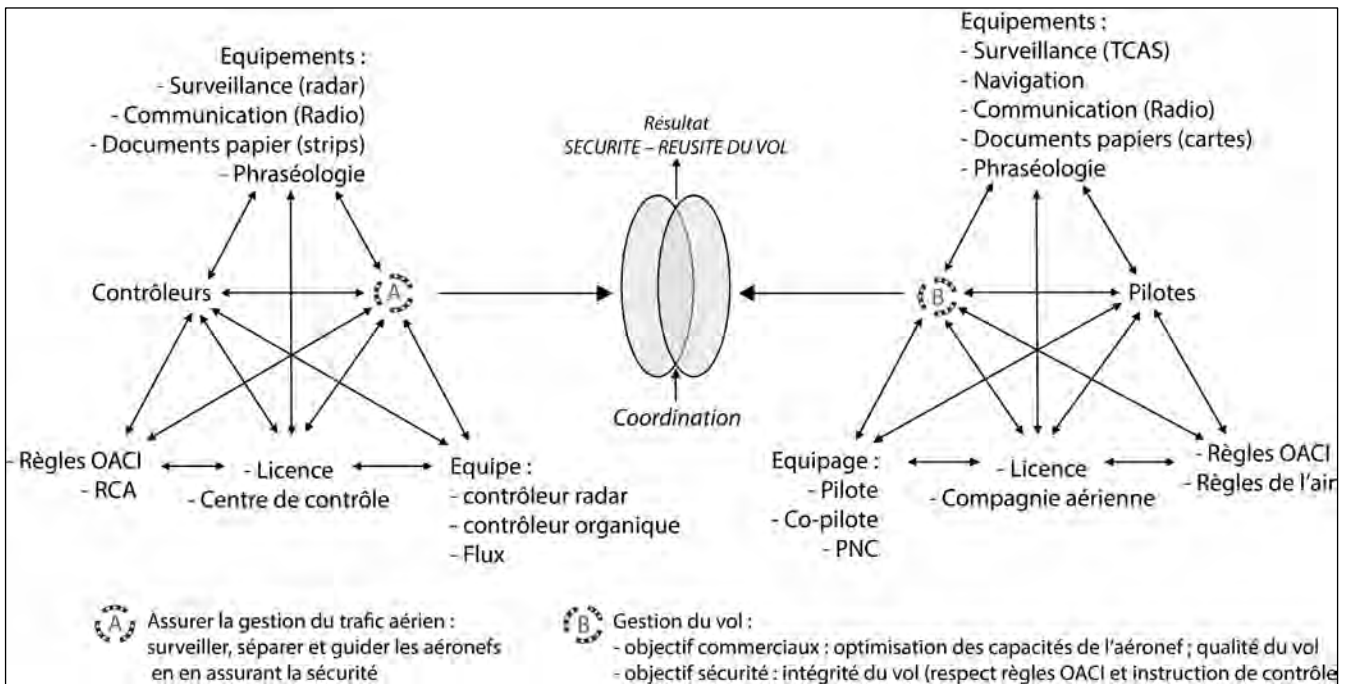


Figure 10 : Deux systèmes d'activité en interaction

Dans le système d'activité du contrôle aérien (triangle de gauche), les contrôleurs ont pour objet d'assurer la compatibilité d'un groupe d'aéronefs dans un espace donné et ils sont en charge de la sécurité, et de la régularité de chacun des vols en fournissant un « service d'information », un « service de contrôle » et un « service d'alerte ». Leurs priorités sont de prévoir les situations dans lesquelles les normes réglementaires de sécurité risquent de ne pas

être respectées ; pour ce faire, ils doivent analyser la situation des aéronefs risquant de dégrader le niveau de sécurité et résoudre la ou les situations conflictuelles. Pour cela, ils disposent d'outils dont les principaux sont la radio, le langage phraséologique, le radar, le strip et les trajectoires de vol générées par ordinateur. Dans la conduite de leur activité, les contrôleurs sont cadrés par une série de règles qui régissent les médiations matérielles et sociales en fonction de l'espace aérien spécifique qu'ils gèrent. Leurs pratiques de travail sont également influencées par la communauté à laquelle ils appartiennent. Cela peut être, notamment, leur appartenance à une communauté aéronautique particulière (aviation civile, aviation militaire). Leurs techniques de travail peuvent également varier en fonction de leurs rattachements à une catégorie de contrôle spécifique (le contrôle d'approche, le contrôle « en route », le contrôle d'aérodrome). La division du travail oriente elle aussi l'activité du contrôleur selon, notamment, le type de flux qu'il doit gérer (les « en route », l'approche, les départs, les arrivées, etc.).

De la même manière, dans le système d'activité du pilotage (triangle de droite), les actions des pilotes sont médiées par des outils, des règles, des divisions du travail et des communautés qui leurs sont propres afin de mener leur activité. L'objet de leur activité consiste à conduire de façon sûre, rapide et efficace leur aéronef en fonction de la trajectoire de route et des caractéristiques techniques de leur appareil. Les pilotes doivent tenir compte des contraintes de temps, des capacités techniques de l'aéronef, en prenant en considération les objectifs assignés par leur compagnie aérienne de rattachement (consommation de fuel, respect des horaires, etc.) ; le tout en assurant la sécurité des passagers qu'ils ont à bord. Les pilotes travaillent en équipe allant de 2 à 4 personnes selon les caractéristiques du vol (types d'aéronef, durée de vol, etc.). Pour mener leur activité, les pilotes disposent d'un certain nombre d'outils (qui varient selon le type d'avion) dont notamment un système automatisé de calcul des trajectoires, d'un système d'anti-collision (TCAS – selon le type d'aéronef), de cartes aériennes, d'une radio, du langage phraséologique. Dans la conduite de leur aéronef, les pilotes sont soumis à des règles (qui définissent les procédures de vol, les règles de sécurité, etc.) et à une division du travail formelle (qui définit les tâches spécifiques de chacun des membres de l'équipage). Enfin, les pilotes sont également rattachés à une communauté spécifique qui peut influencer leur travail ; cela peut dépendre de la compagnie aérienne pour laquelle ils travaillent (par exemple, compagnie internationale ou régionale, compagnie régulière ou *lowcost*) ou de l'identification à la licence qu'ils possèdent et qui

définit le type d'avion qu'ils sont autorisés à piloter (un Airbus A320, un Boeing 747 ; les procédures de vols n'étant pas les mêmes selon le type d'avion).

Pour évoluer dans l'espace aérien, les pilotes doivent se mettre en relation avec les contrôleurs aériens qui gèrent cet espace afin de se préserver des interférences avec le trafic environnant. Comme évoqué dans le chapitre 1, il peut être découpé, dans un même espace, plusieurs secteurs (« l'aéroport », « l'approche », « l'en-route ») qui seront gérés par des contrôleurs dont les rôles vont être légèrement différents et conditionnés par l'altitude, la vitesse et la proximité de l'aéroport de destination (ou de départ). Les pilotes devront alors se mettre en relation successivement avec les contrôleurs en charges des différents secteurs traversés durant le vol. Les temps de traversée des différentes zones ainsi que les épisodes d'interaction seront variables d'un secteur à l'autre. Pour les contrôleurs, la densité de trafic, les évolutions d'aéronefs dans le plan vertical (surtout aux abords des aéroports) et les conflits potentiels dans le plan horizontal (aux croisements des routes aériennes) complexifient leur travail et justifient certaines coupes de l'espace aérien.

Dans cette configuration du travail conjoint qu'Engeström propose de nommer une inter-organisation orientée objet (*object-oriented interagency*), les deux systèmes d'activité convergent tant qu'ils s'orientent vers le même objet, à savoir, la gestion conjointe du vol. La difficulté émerge lorsque, influencés par les exigences propres à chacun des systèmes d'activité, les objets des deux activités ne sont pas alignés, pouvant ainsi créer des tensions entre le sol et le bord. En effet, pour le pilote par exemple, optimiser les performances de l'avion n'est pas toujours compatible avec les stratégies de résolution de conflits des contrôleurs (cap, vitesse altérée, altitudes, routes, etc.). De même, l'écoulement sûr et ordonné du trafic ne s'ajuste pas toujours aux horaires et trajectoires prévues des aéronefs (partir et arriver à l'heure). Une autre difficulté se situe au niveau de la connaissance réciproque souvent imprécise ou floue des deux mondes qui coexistent et qui doivent parvenir à interagir efficacement. Tandis que les pilotes ont une représentation en grandeur réelle de leur avion et ne perçoivent que partiellement la densité du trafic, notamment via le nombre de messages transitant sur la fréquence, les contrôleurs ont une vision globale du trafic (dans le secteur qu'ils gèrent) où chaque aéronef correspond à un plot sur l'écran radar et ils agissent sur eux depuis leur salle de contrôle (dans une vision macro qui ne peut systématiquement satisfaire aux demandes de chaque pilote). Ces actions sont conditionnées par la densité de trafic dans leurs secteurs (densité qui peut éventuellement être appréhendée par les pilotes) mais aussi par les contraintes de capacité de secteurs plus éloignés pour lesquels les contrôleurs doivent

anticiper une régulation (informations souvent non disponibles, en temps réel, pour les pilotes).

Nous proposons de considérer cette division analytique de deux systèmes d'activité en interaction afin de rendre visible les tensions qui prennent forme de part et d'autre des deux systèmes d'activités et qui viennent s'actualiser au cours de l'action.

2. Comprendre les logiques socio-historiques du système d'activité de la navigation aérienne au travers du concept de contradictions

Comme présenté dans le chapitre 3, le concept de contradiction tel que défini par Yrjö Engeström, consiste à appréhender la dynamique conflictuelle de l'organisation. Il s'agit alors, d'identifier les contradictions qui font surface à l'intérieur et entre les systèmes d'activités de contrôle et de pilotage afin d'identifier les problèmes qui se nouent au sein de l'organisation.

L'analyse des contradictions que nous proposons de présenter dans cette partie se fonde essentiellement sur la situation actuelle en Europe. Précisons par ailleurs ce que nous avons évoqué dans le chapitre 4, à savoir que notre recherche de terrain s'est effectuée en zone océanique puisque ce sont dans ces espaces que le système étudié a, pour l'instant, été implanté et est aujourd'hui opérationnel. Cela nous a permis d'étudier les pratiques *in situ* (ce qui ne nous aurait pas été possible de réaliser en zone continentale, en des lieux accessibles). Les outils développés dans le cadre de la mise en œuvre des liaisons de données numériques et déployés dans certaines régions océaniques et désertiques (Pacifique Sud, Atlantique, Madagascar, etc.) répondent à des contraintes propres à ces environnements. Cependant, les logiques des évolutions institutionnelles, technologiques et économiques en Europe (et plus largement au niveau mondial) vont conduire dans un très proche avenir à la mise en œuvre de systèmes similaires (à l'horizon 2016). En effet, les études sont en cours pour un déploiement de tout ou partie d'un système identique en zone continentale Européenne (au travers du programme SESAR). La majeure partie des contradictions étudiées dans cette partie s'inscrit dans le cadre plus large de la libéralisation des marchés et de la montée en puissance des logiques de performance économique qui sont caractéristiques des années 1980, et donc concernent, bien au delà des régions d'expérimentation (telle que la FIR de Tahiti), l'ensemble de l'espace aérien. Les changements actuellement en cours sont une occasion pour nous d'analyser les formes de la contradiction qui sont repérables à l'instant « t » et la façon

dont cela met au travail les outils, les règles, la conception de l’activité et les moyens de la réaliser. Dans la Figure 11 ci-après, est représentée une vue schématique globale des différents niveaux de contradictions identifiés dans le cadre de l’activité de la navigation aérienne.

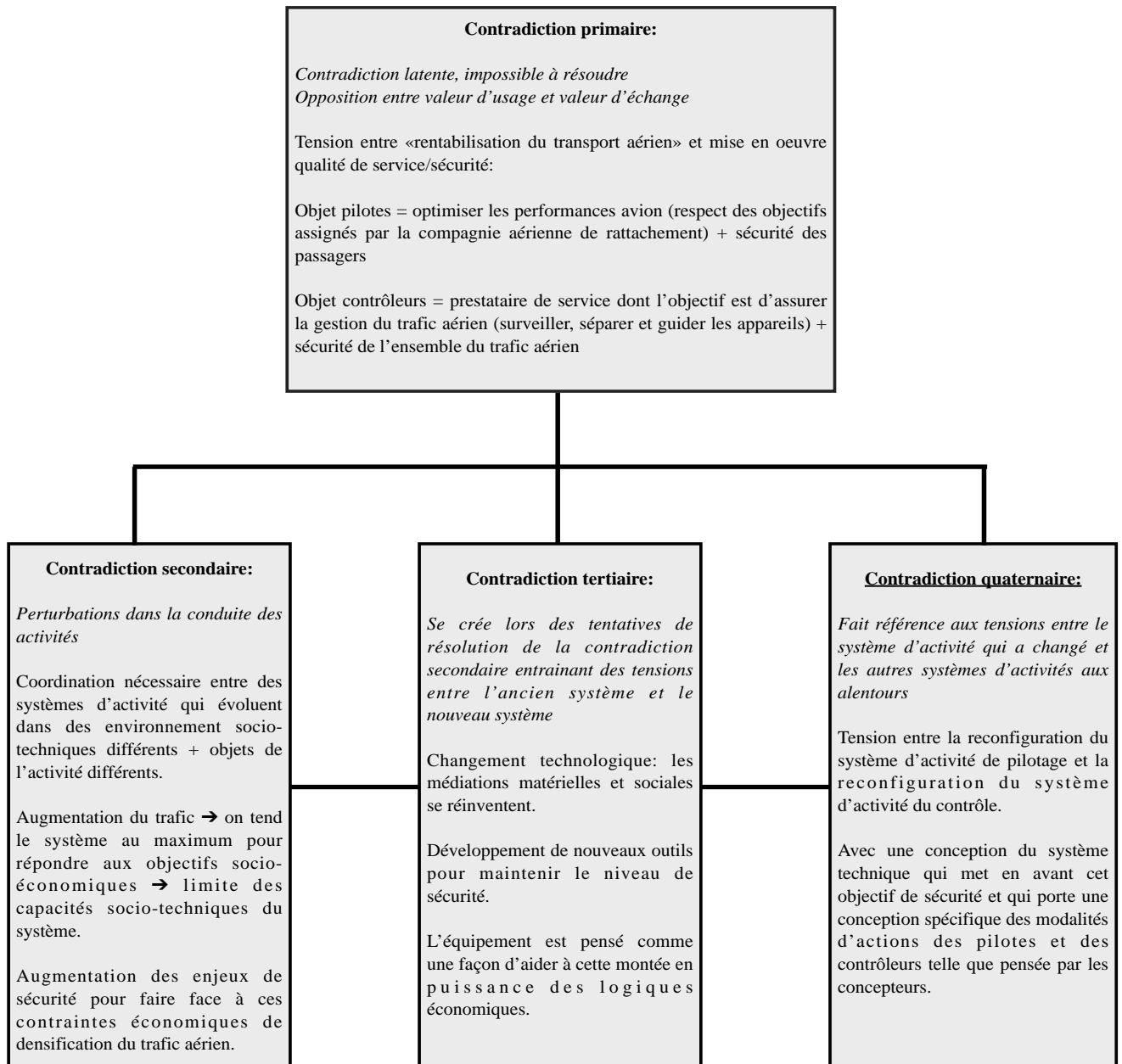


Figure 11 : Les niveaux de contradiction identifiés dans l’activité de la navigation aérienne

Nous proposons de détailler ces différents niveaux de contradiction dans les parties suivantes.

2.1. La contradiction primaire : entre « rentabilisation du transport aérien » et mise en œuvre qualité de service

La contradiction primaire possède une dimension socio-économique forte puisqu'elle repose sur l'opposition entre la valeur d'usage d'un bien ou d'un service et sa valeur d'échange c'est-à-dire sa valeur marchande. Selon Carole Groleau¹⁰⁰, cette contradiction prend forme dans l'imbrication de contextes partiellement autonomes qui forment des entités plus grandes. Chacun des contextes en présence présente des logiques et des dynamiques sociales qui lui sont propres et qui sont plus ou moins compatibles avec les autres contextes participant à la totalité. La double contrainte réside dans l'ajustement entre des logiques professionnelles reposant sur des exigences locales et des logiques plus globales. Présente de façon latente et transversale à tous les niveaux de l'activité cette contradiction se manifeste au travers de ce que les acteurs identifient comme des tensions dans la conduite de leurs activités. En effet, selon Engeström, les contradictions étant des phénomènes historiquement émergents et systémiques, nous ne pouvons pas y avoir un accès direct dans notre étude empirique. Elles doivent donc être appréhendées à travers leurs manifestations. Nous identifions ainsi la contradiction au travers des entretiens (discours des acteurs), des observations (pratiques *in situ*) qu'il nous a été possible de mener auprès des acteurs du système, ainsi que par l'étude de documents de terrain. Dans cette optique, nous ne prétendons pas fournir une liste exhaustive des tensions qui font surface à l'intérieur et entre les systèmes d'activité. Il s'agit avant tout d'identifier celles qui sont pertinentes pour les acteurs dans le cadre de leur activité et qui font écho pour l'analyse de notre objet d'étude.

Dans le système d'activité de la navigation aérienne, la contradiction primaire se manifeste sous forme de tensions entre d'un côté, une montée en puissance des logiques économiques et gestionnaires pour faire face à une forte concurrence mondiale et de l'autre côté des logiques professionnelles basées sur des exigences de sécurité.

2.1.1. Vers une montée en puissance des logiques économiques

Toute activité humaine participant de la mise en action d'un grand nombre d'individus, de groupes, de systèmes techniques nécessite la mise en place de règles, de conventions, de méthodes surtout lorsque la mise en œuvre des actions de ces intervenants peut procéder de démarches différentes. Au cours de son histoire, l'aviation a subi de nombreuses transformations organisationnelles, économiques et technologiques en suivant une trajectoire

¹⁰⁰ Séminaire de Master 2 ICMST, Toulouse 3, 2008.

marquée par une concurrence internationale de plus en plus forte, nécessitant la mise en œuvre d'instances de normalisation à même d'accompagner l'évolution de l'activité de la navigation aérienne au fil du temps. Nous avons vu, lors du chapitre 1, que l'aviation fut, dès le début, pensée comme internationale avec la création, en 1919, de la Commission Internationale de Navigation Aérienne (CINA), puis en 1945 de l'OACI et qui marquait alors le début d'une première forme de standardisation au travers de l'établissement d'un ensemble de pratiques, de règles et de notions communes (définition de la notion de « routes aériennes », création des premières tours et des premiers centres opérationnels). C'est à l'issue de la seconde guerre mondiale que l'aviation devient civile et commerciale et que l'avion est envisagé comme un moyen de transport à destination du grand public. Durant le conflit, les recherches militaires s'intensifiaient et de nouvelles innovations virent le jour. Avec l'arrivée du radar et des moteurs à réaction, l'aviation est à son apogée et s'ouvre au grand public. C'est l'occasion pour les constructeurs de mettre à profit les avancées technologiques réalisées pendant la guerre. Le matériel avionique est réinvesti et les pilotes sont engagés pour servir le domaine de l'aviation civile. On assiste alors au développement des premières lignes aériennes régulières qui participent à reconstruire l'économie de l'après-guerre. Pendant ce temps, les transporteurs constituent un secteur privé avec les compagnies aériennes tandis que l'Etat se consacre à la reconstruction des infrastructures, à la réglementation et au contrôle du transport aérien¹⁰¹. En l'air, la constitution progressive d'une cartographie de routes aériennes sert d'élément de base pour la construction du réseau aérien. Au sol, les services de la navigation aérienne sont très rapidement mis en place et vont désormais intervenir sur les trajectoires de vol et sur les évolutions des aéronefs dans l'espace aérien.

Avec les progrès en informatique et en électronique, se dessine progressivement une rivalité économique et industrielle entre notamment les constructeurs Airbus et Boeing ; rivalité qui, aujourd'hui encore, s'articule autour de l'innovation technique et de l'obtention de contrats. Au gré des évolutions, de nouveaux standards ont été mis en place, les coordinations air-sol (entre pilotes et contrôleurs) et sol-sol (entre les contrôleurs des différents centres) se sont intensifiées et les réglementations ont évolué et se sont adaptées aux nouvelles configurations rendues possibles. Un perfectionnement des avions leur permettant de voler plus haut (dans les espaces « supérieurs » initialement réservés aux

¹⁰¹ Archive historique de la DGAC, Direction Générale de l'Aviation Civile, en ligne : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/archivesdgac-2.pdf>, consulté en janvier 2012.

militaires) et plus vite (nécessitant une réorganisation de l'espace aérien) met alors à l'épreuve les normes de sécurité. Avec la libéralisation du transport aérien au milieu des années 1980, une forte augmentation de trafic donne un nouvel élan au système aéronautique tout en participant à le déstabiliser en créant de nouvelles tensions entre le sol et l'air (Gras et al., 1994). Il y a alors nécessité de composer avec une multitude d'avions et une diversité de procédures (relativement aux équipements au sol et embarqués), dans un espace aérien de plus en plus surchargé et dans lequel, la forme du trafic est amenée à évoluer au gré des stratégies des compagnies aériennes.¹⁰² Avec la libéralisation du transport aérien, le système d'activité de la navigation aérienne est confronté à un contexte socio-économique qui a précipité les tensions ressenties de part et d'autre des systèmes d'activité du contrôle et du pilotage et qui consistent en une réduction des coûts et une augmentation des gains de productivité ; tout en maintenant un haut niveau de sécurité.

Au niveau de la « visée », les tensions qui émergent dans le système d'activité de la navigation aérienne peuvent se traduire ainsi :

- Pour les compagnies aériennes, qui ouvrent des centaines de lignes aériennes, l'enjeu consiste à faire passer le maximum d'avions possible selon les configurations de vol les plus efficaces et optimales d'un point de vue économique, à savoir emprunter les routes les plus directes et minimiser les coûts de carburant (ce qui, nous le verrons, participe, pour les pilotes, aux tensions ressenties entre objectifs commerciaux et objectifs de sécurité, qui ne sont pas toujours compatibles).
- Pour les services de la circulation aérienne, dont le financement dépend des redevances en route et des redevances de services terminaux¹⁰³ qui sont facturées aux usagers (les compagnies aériennes), la croissance du trafic représente une valeur ajoutée non

¹⁰² Selon Corinne Fayolle (2003), docteure en histoire contemporaine (Paris IV), la libéralisation du transport aérien s'est opérée en trois temps : une première étape, en 1987, consistait à officialiser la libéralisation du transport aérien. En 1993 se mit en œuvre l'ouverture des marchés intérieurs à la concurrence et à une liberté tarifaire. Enfin, en 1997, on assiste à la libéralisation du ciel Européen (qui notamment, lève l'interdit du droit de « cabotage » c'est à dire la possibilité pour les transporteurs de réaliser des trajets intérieurs dans un autre pays).

Outre une augmentation accrue du nombre de vols, « l'un des événements les plus spectaculaires auxquels la libéralisation du transport aérien domestique a conduit est sans doute le développement rapide des vols avec correspondance, dont le corollaire est la formation, chez tous les grands transporteurs, de réseaux en étoile faisant transiter une part importante du trafic par des aéroports servant de plaques tournantes (*hubs*) (Fayolle, 2003, p.77).

¹⁰³ Ces redevances rémunèrent l'usage et les services de la circulation aérienne (en route et aux abords des aérodromes) mis en œuvre par chaque Etat.

négligeable. En effet, au même titre qu'il y a un coût pour l'acquisition et la tenue des avions, il y a un coût pour les infrastructures de contrôle. Notons que la valeur unitaire des redevances est variable selon les Etats ; le choix de la route (qui est définie par les compagnies aériennes) devient alors un élément de compétition entre les fournisseurs de service de la circulation aérienne.

« Les redevances en route représentent environ 4% des coûts d'exploitation des grandes compagnies, et s'approchent du coût du carburant (10% des coûts d'exploitation). Quand on sait que les aviateurs et les compagnies aériennes sont prêts à investir lourdement pour économiser 1% de carburant, on mesure la pression pour réduire les coûts du service ATM » (Fron, 1998, en ligne¹⁰⁴).

Les contrôleurs rencontrés au centre de contrôle de Tahiti nous racontaient ainsi que dans la FIR de Tahiti, les redevances de routes avaient augmenté ces dernières années, ce qui avait conduit une compagnie aérienne effectuant des vols à la limite de la FIR de Tahiti à contourner celle-ci afin d'éviter le paiement de cette redevance (préférant une route allongée impliquant une majoration de son coût en carburant à une augmentation de taxe plus importante).

De cette montée en puissance des logiques d'intensification du transport aérien et de l'efficacité économique vont se poser des problèmes de régulation du trafic (particulièrement en zones continentales¹⁰⁵) relativement aux capacités des centres et secteurs de contrôle et des principaux aéroports, soulevant ainsi des questions d'optimisation des moyens. Relativement à cette augmentation du trafic, on assiste alors à une montée en puissance des exigences de sécurité afin de maintenir le niveau de sécurité réglementaire jugé nécessaire.

« Les enjeux sont donc bien sûr économiques et industriels, mais n'oublions pas qu'ils sont aussi sécuritaires, et ce dernier point constitue une des grandes spécificités du milieu étudié : la pression sécuritaire imprègne le système dans ses moindres détails » (Gras et al., 1994, p.51).

¹⁰⁴Xavier Fron est ingénieur au centre expérimental d'Eurocontrol.

Revue professionnelle *les jaunes et les rouges*, en ligne : www.lajauneetlarouge.com/article/evolution-du-contrôle-du-traffic-aerien-en-europe, consulté en Août 2012.

¹⁰⁵ En Europe (comparativement aux Etats-Unis), la densité des infrastructures aéroportuaires, le nombre important de routes aériennes et leurs croisements, ainsi que les interférences entre le trafic terminal et le trafic en route (montée et descente) nécessitent un découpage plus dense de l'espace en nombre de secteurs.

De cette nécessité de régulation de l'espace aérien ont résulté des démarches de standardisation tant au niveau des réglementations – qu'il fallait harmoniser avec les instances internationales (l'OACI) et Européen (Eurocontrol) – qu'au niveau technologique avec la mise en place de nouveaux systèmes techniques à même d'accompagner cette intensification du trafic, le tout en se conformant à l'exigence primordial de la sécurité.

2.1.2. Les enjeux de sécurité comme production en refonte continue

Dans le domaine aéronautique, assurer la sécurité des vols a toujours été un enjeu omniprésent et essentiel pour le fonctionnement du système. En effet, l'on s'accordera pour dire que des avions qui tombent, c'est un système qui ne fonctionne pas. Cette préoccupation pour la sécurité aérienne a largement contribué à la mise en œuvre et au renouvellement des réglementations qui structurent l'activité de la navigation aérienne. Au gré des incidents et accidents qui se sont produits au cours de l'histoire de l'aviation, de nouvelles normes ont été imposées de telle sorte que chaque rôle, chaque fonction, chaque action sont aujourd'hui fortement procéduralisés, l'enjeu étant de combler les « brèches » qui pourraient entraver le fonctionnement du système et mettre à mal la sécurité.

Par ailleurs, notons que le développement du trafic aérien a toujours été considéré comme très fortement dépendant de « l'image de sécurité » qu'il véhicule ; aussi dès la fin des années 1960 des normes de sécurité ont-elles été définies (tant dans les séparations entre aéronefs que dans la fiabilité des outils sol et bord) afin de garantir des probabilités de dysfonctionnement inférieures à 10^{-9} . La mise en place d'un tel niveau de normes de sécurité s'est développée notamment suite à l'élaboration du système d'atterrissage aux instruments (ILS : Instrument Landing System) permettant aux pilotes de se poser avec des conditions météorologiques dégradées. Les concepteurs ont alors posé la question de savoir quel devait être le risque acceptable pour que l'opinion publique tolère l'utilisation d'un tel dispositif et le considère comme fiable. Aussi se sont-ils tournés vers des experts du calcul du risque, lesquels ne pouvaient être autres que les cabinets d'assurance. Cela se passant dans les années 1960, le risque acceptable ne devait pas être supérieur à celui pris par une personne traversant une rue à New York dans ces années là.

Dans le domaine aérien, la notion de sécurité est ainsi définie comme « la protection contre un risque de dommage inacceptable » (ESARR 3, en ligne, p.17)¹⁰⁶; la notion de risque

¹⁰⁶ http://www.stac.aviation-civile.gouv.fr/naviga/textes_naviga/esarr3e10rifrench.pdf, consulté en juin 2012.

étant définie comme « la combinaison de la probabilité ou de la fréquence d'occurrence d'un danger déterminé et de l'ampleur des effets de son apparition » (*ibid.*). Selon Anthony Giddens (1994), ce mécanisme de calcul du risque sous forme de danger calculé est caractéristique de la modernité. Dans son ouvrage sur « les conséquences de la modernité » (1994), cet auteur met en avant qu'une des caractéristiques de la modernité consiste en l'évaluation du risque et de la confiance en des « systèmes-experts ». Il définit les systèmes experts comme des « domaines techniques ou de savoir faire professionnels concernant de vastes secteurs de notre environnement matériel et social » (*ibid.*, p.35). Et il pose que la confiance est « un sentiment de sécurité justifié par la fiabilité d'une personne ou d'un système, et cette sécurité exprime une foi dans la probité ou l'amour d'autrui, ou dans la validité de principes abstraits (le savoir technologique) » (*ibid.*, p.41). Et selon lui, la confiance-système est « une confiance symbolique comme foi dans les gages symboliques ou les systèmes experts que je réunirai sous le nom de système abstraits » (*ibid.*, p.86). Selon lui la confiance est devenue essentielle dans la mesure où on assiste à une distanciation progressive du lieu et de l'espace des activités qui contribue à établir des relations avec un « autrui absent ». Cette distanciation spatio-temporelle participerait à la dynamique de la modernité en ce qu'elle résulte d'un processus de dé-localisation (les dimensions spatiales des sociétés pré-modernes reposant sur la notion de présence). L'éloignement ne permettant plus une vérification physique et personnelle de l'action, la construction d'une confiance dans les systèmes abstraits est pour lui indispensable. Dans le domaine aéronautique – et comme le souligne également Anthony Giddens à ce sujet en prenant l'exemple des voyages aériens comme une activité dangereuse – la sécurité est nécessaire à la construction de la confiance ; et cette sécurité repose notamment sur un équilibre entre confiance et risque acceptable (risque calculé). Dans l'univers aéronautique le risque est permanent (de par la nature même de l'activité de pilotage) mais est présenté comme un danger calculé, maîtrisé.

En s'appuyant sur les écrits d' Anthony Giddens, Gil Delannoï (1995) s'exprime à ce sujet :

« La modernité n'est-ce pas, à la fois prendre des risques immenses et poursuivre la quête d'une sécurité absolue ? La contradiction est flagrante et pourtant fondamentale. Le dynamisme sans précédent de la modernité (mais est-ce un progrès ?) découlerait de la volonté de résoudre cette contradiction. Contradiction insoluble, mais volonté hyperactive » (p.884).

Tandis que les évolutions technologiques permettent d'amener plus de sécurité, elles amènent également une nécessité de plus de protocoles visant à produire les conditions socialement acceptables de cet équilibre confiance-risque.

Avec l'intensification du trafic aérien, on assiste ainsi à une montée en puissance des exigences de sécurité. Comme le souligne Xavier Fron, « si la fréquence des accidents d'un avion croît linéairement avec le trafic, la fréquence des accidents des avions entre eux, que l'ATM doit prévenir, croît naturellement comme le carré du trafic. Si le trafic est multiplié par deux dans les quinze ans à venir, il n'est pas acceptable que la fréquence des accidents soit multipliée par quatre » (1998, en ligne¹⁰⁷). Lors de notre formation au sein de l'ENAC, plusieurs intervenants se sont accordés pour dire qu'à augmentation constante du trafic, sur la base des infrastructures et technologies actuelles, les probabilités d'accidents seraient d'environ un accident par semaine dans le monde.

Par ailleurs, cette montée en puissance des exigences de sécurité s'accompagne d'une montée en puissance de ce qui nous semble être une judiciarisation de la Société en général, d'un besoin de sécurisation qui implique une recherche constante de responsables :

*« On veut de plus en plus tout cadrer et donc tout doit bien fonctionner. **Il ne peut plus y avoir de dysfonctionnements qu'avec des responsables.** On veut laisser le minimum de part au hasard ou à ce que l'on pourrait appeler la fatalité » (...) On n'accepte plus que le risque zéro, on n'accepte pas de faire quelque chose avec une part d'impondérable. L'utilisateur de la compagnie aérienne ne va plus payer que pour un transport, il va payer autre chose qui est une obligation de résultat : on me transporte là où je veux et avec les conditions que je veux et dans les conditions qu'on m'a énoncées. Et ça, c'est une composante essentielle de la sécurité dans sa dimension économique » (Jean, Contrôleur-instructeur – accentué par nous).*

En amont de l'activité, se mettent donc à l'œuvre des principes de précaution, parfois poussés à l'extrême, qui visent à cadrer les activités et à désigner le cas échéant « qui est responsable et qui doit payer ».

Ce phénomène se traduit par l'établissement d'un ensemble de textes réglementaires qui s'inscrivent dans une démarche globale de « qualité-sécurité », tel qu'en témoigne la mise en œuvre des ESARR. Comme nous l'avons évoqué lors du chapitre 1, à partir des années 2000 se sont instaurés, dans le cadre de la mise en œuvre du « ciel unique européen », les ESARR (qui sont au nombre de 6), documents qui définissent les exigences réglementaires en matière de sécurité. Dès l'ESARR 1 est définie une formalisation des tâches très précise ; au sein de la

¹⁰⁷ *Op. Cit.*

DGAC, trois directions principales ont ainsi été définies dans le cadre de la mise en « action » des ESARR :

- La DTA (Direction du Transport Aérien) qui tient le rôle de régulateur : elle est chargée d'établir la réglementation en vigueur (RCA), de définir les différentes classes d'espace aérien et les services rendus qui doivent y être associés.
- La DSNA (Direction des Services de la Navigation Aérienne), à laquelle est rattaché l'ensemble des organismes de contrôle, tient le rôle d'opérateur : elle est chargée de faire appliquer la réglementation telle que définie par la DTA.
- La DSAC (Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile) tient le rôle de « surveillance » : elle doit s'assurer que la DSNA applique les réglementations fixées par la DTA et s'assure que les outils mis en œuvre par l'opérateur sont conformes aux exigences de certification.

On assiste ici à une rationalisation des procédures sécuritaires qui visent à orchestrer la mise en œuvre et le fonctionnement d'un système de management intégrant, à la fois, les exigences européennes de sécurité ESARR et les qualités de la norme ISO (Magazine de la DGAC, 2007, en ligne, p.33)¹⁰⁸.

Comme le souligne Isabelle Edard, adjointe au chef du CRNA Est et qui chargée de la mise en œuvre du programme SMQS (système de management de la qualité et de la sécurité) : « Nous sommes passés d'une culture de moyens à une culture de résultats. Les notions d'attentes des usagers sont fréquemment abordées » ; la difficulté, souligne-t-elle, est « qu'il est difficile de proposer la mise en place d'une procédure d'évaluation et d'atténuation des risques à des agents qui se considèrent, à juste titre, comme des professionnels de la sécurité » (Magazine de la DGAC, *ibid.*).

2.1.3. Les sujets au cœur de la tension

Qu'il s'agisse de l'activité de contrôle ou de l'activité de pilotage, cette tension entre la mise en œuvre d'une qualité de service (dont la sécurité est définie réglementairement) et la « rentabilisation du transport aérien » est au cœur des préoccupations des acteurs. Pour les pilotes et les contrôleurs l'enjeu consiste à respecter l'ensemble des réglementations

¹⁰⁸ http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGAC_N_339_P31-35.pdf, consulté en octobre 2012

internationales¹⁰⁹ qui régissent les façons dont doivent être mises en œuvre les activités de pilotage et de contrôle susceptibles notamment de tenir des engagements en matière de sécurité socialement acceptable.

Pour les pilotes le double objectif « rentabilisation - qualité/sécurité » peut se traduire ainsi :

- D'une part, les pilotes sont soumis aux réglementations OACI qui définissent notamment les règles de l'air, les règles de la circulation aérienne ainsi que les méthodes de travail, ce qui leur impose de respecter certaines normes quant à la tenue du vol et aux trajectoires et procédures qu'ils sont autorisés à mettre en œuvre. Ainsi les responsabilités des pilotes sont-elles définies.

Ces obligations passent notamment par les autorisations délivrées par les services de la circulation aérienne tout au long de la durée du vol, et qui relèvent d'une stratégie d'ensemble pour la sécurité des vols.

- D'autre part, les pilotes sont également soumis aux politiques spécifiques de leurs compagnies aériennes de rattachement. Celles-ci peuvent privilégier l'économie de carburant (notamment lors des vols longs courriers) et/ou la régularité et la ponctualité des vols (notamment pour les compagnies ayant mis en œuvre des stratégies de *hubs*).
- Enfin, les pilotes, dans la conduite de leurs aéronefs, doivent également, de fait, assurer la sécurité de l'aéronef qu'ils pilotent et des passagers à bord. La difficulté est que cela ne coïncide pas toujours avec les objectifs assignés par la compagnie voire avec les instructions de contrôle (par exemple, la nécessité de contourner une cellule nuageuse alors que le contrôle avait donné une route).

¹⁰⁹ Dans notre étude, nous avons pu constater que les pilotes et les contrôleurs faisaient très souvent référence aux annexes (arrêtés) de la troisième partie du code de l'aviation civile. Il s'agit des textes suivants :

- Le RDA (règles de l'air) définit l'application territoriale des règles que le pilote doit suivre ainsi que ses responsabilités
- Le SCA (services de la navigation aérienne) définit les organismes de la circulation aérienne, leur rôle, les responsabilités et les services (prestations) rendus par les différents services (organismes)
- Le RCA (règles de la circulation aérienne) définit les procédures pour les organismes rendant les services de la circulation aérienne.

Comme le souligne un des pilotes que nous avons rencontré :

« Le but c'est de respecter le contrat ; le contrat, c'est de décoller à l'heure en toute sécurité pour les passagers » (Francis, pilote-instructeur Air3).

Pour les contrôleurs le double objectif « rentabilisation - qualité/sécurité » peut se traduire ainsi :

- D'une part, les contrôleurs aériens ont un statut de service public et à ce titre, ils sont responsables de la sauvegarde des biens et des personnes au titre de la puissance publique. Pour cela ils doivent respecter l'ensemble des textes réglementaires édictés par leur organisme de tutelle (en France, il s'agit de la DGAC) dans le cadre des recommandations de l'OACI (en effet chaque pays doit adapter ces recommandations à ses juridictions propres et à ses capacités de mise en œuvre de celles-ci)
- D'autre part, les contrôleurs doivent être à même de pouvoir répondre à une demande spécifique du pilote. A ce titre, ils se considèrent souvent comme prestataire de service des pilotes. Cette approche de leur métier contribue à créer une tension entre « rendre service » et « rendre le service » (tel que défini dans le RCA).

Précisons également que les contrôleurs aériens se situent dans une relation de service vis-à-vis des aéroports qui sont des entités privées qui facturent elles aussi des redevances aux compagnies aériennes.

Il est intéressant de noter que les pilotes et contrôleurs rencontrés dans le cadre de notre recherche éprouvent souvent des difficultés quant à la définition de leurs rôles et quant à la nature de leurs relations. Comme le souligne Jeremy Mell (1992) :

« Une certaine ambiguïté caractérise les rôles respectifs du pilote et du contrôleur. Sur le plan des rapports sociaux ou institutionnels, tantôt le contrôleur représente une autorité par rapport au pilote, qui est l'assujetti, (cas où des instructions sont émises), tantôt le contrôleur est le fournisseur d'un service, (le plus souvent un service d'information), destiné aux pilotes qui sont les utilisateurs (payants) de ce service » (p.64).

Un contrôleur aérien nous précise à ce sujet que :

« Tout ça, ce sont des services et des services qui sont payants. On est prestataire de service dans notre rôle de sécurité mais le fait qu'il soit payant, l'usager quelque part peut penser avoir un droit pour passer alors qu'on nous paye pour la sécurité » (Jean, contrôleur-instructeur).

De leur côté, les pilotes se sentent souvent contraints par les contrôleurs et sous tutelle d'une autorité qui leur semblent trop rigide et de laquelle ils attendent une réponse « négociée » à leur demande, tout en étant dans l'obligation de respecter le RCA.

2.1.4. Construction sociale de l'espace aérien : du « contrôle » à la régulation des flux d'aéronefs

La construction socio-technique de l'espace aérien, entendue comme la manière dont celui-ci a été institué par les acteurs de la navigation aérienne, résulte d'une nécessité d'adapter cet espace à l'augmentation rapide et exponentielle du trafic afin de limiter l'encombrement du ciel et d'assurer un écoulement sûr et optimal de ce trafic. Pour ce faire, le système de gestion du trafic aérien (nommé *Air Traffic Management* : ATM) s'est développé autour de deux éléments principaux : d'une part – et ce fût la préoccupation première des services de contrôle – il s'agissait d'assurer le « contrôle » du trafic aérien (*Air Traffic Control* : ATC), à savoir, prévenir les risques d'abordages entre aéronefs en établissant des normes de séparations entre aéronefs et en délivrant aux pilotes des autorisations spécifiques de vol (*clearances*). D'autre part, afin d'éviter la saturation des aéroports et des secteurs de contrôle, il s'agissait de maîtriser les courants de trafic aérien (*Air Traffic Flow Management* : ATFM) par la mise en œuvre de mécanismes de régulation des flux afin d'organiser la répartition des vols en fonction des capacités des secteurs de contrôle.

En Europe (zone continentale), la CEAC (Commission Européenne de l'Aviation Civile) fut chargée, dès la fin de la seconde guerre mondiale, d'assurer une harmonisation des politiques de transport. Au début, les flux de trafic aérien furent gérés de façon décentralisée par les différents centres de régulation au niveau européen (Londres, Francfort, Paris, Madrid, Rome). En France, c'est la Cellule d'Organisation et de Régulation du trafic Aérien (CORTA) qui fut chargée, au début des années 1970, d'assurer la gestion des flux. Au même moment, l'agence Eurocontrol (fondée en 1963) fut chargée de la création d'une base de données répertoriant l'ensemble des demandes de trafic. L'objectif était de permettre aux différentes cellules de régulation d'anticiper les routes et périodes de saturation des secteurs et de pouvoir ainsi réorganiser les flux. Le trafic s'écoulait aisément jusqu'à cette deuxième moitié des années 1980 durant laquelle la forte croissance de trafic entraîna notamment une hausse du retard des vols. Selon Alain Gras et al, la difficulté de l'écoulement du trafic réside non seulement dans l'augmentation du nombre de vols, mais également dans le fait que la forme du trafic a changé : « pression des compagnies pour garder les meilleurs créneaux et accroissement du nombre de petits porteurs »¹¹⁰ (1994, p.149).

¹¹⁰ Par exemple, les compagnies d'affaires veulent conserver les créneaux du matin et du soir.

« Le paradoxe que l'on peut relever consiste en premier lieu dans l'existence même d'un énorme réseau technique européen qui sert à « contrôler » des flux sur des segments mais n'a aucun moyen de gestion globale de ces flux. La conception d'un contrôle limité à l'anti-abordage a empêché les acteurs de la navigation aérienne de concevoir celle de régulation dans une perspective d'évolution systémique quasiment naturelle » (Gras et al., 1994, p.150).

Avec l'augmentation du trafic, les compagnies aériennes réclament une gestion optimale des flux d'aéronefs afin d'une part de limiter les retards et d'autre part de disposer de trajectoires de vols optimales. Pour les services de la circulation aérienne, l'enjeu consiste alors à maintenir la sécurité de chacun des vols ainsi que celle de l'ensemble du trafic, tout en veillant à ce que l'organisation du trafic corresponde à la demande. Or il arrive un point de saturation au delà duquel les capacités d'accueil et de prise en charge des aéronefs par les services de la circulation aérienne rendent difficile la gestion du trafic aérien.

2.2. Contradiction secondaire : construction et évolution de la notion de « capacité »

Nous souhaitons maintenant nous concentrer sur ce que les acteurs ont identifié comme tensions dans la conduite de leurs activités et qui relèvent de ce qu'Engeström nomme la contradiction secondaire. Cette contradiction secondaire tire ses origines de la contradiction primaire et est liée aux conditions particulières du système d'activité dans lequel les acteurs évoluent. La contradiction secondaire prend la forme de perturbations dans le déroulement de l'activité, perturbations qui peuvent devenir source de conflits.

2.2.1. La notion de capacité des secteurs

Face aux logiques d'intensification du trafic aérien, l'aviation fut confrontée à ce que Jacques Villiers (1990)¹¹¹ nomme « le mur de la capacité » ; métaphore au travers de laquelle il souligne l'inadéquation entre la demande de trafic (en un lieu donné et instant donné : tout le monde veut partir ou arriver du/au même endroit et aux mêmes heures) et les capacités effectives des centres.

¹¹¹ En ligne : http://amisducena.fr/others/Villiers/mur_capacite_1990.pdf, consulté en Août 2012.

Jacques Villiers, comme nous l'avons évoqué dans le chapitre 1, est un ingénieur issu de la première promotion de l'ENAC. Il a été fondateur du centre d'études de la navigation aérienne et co-créateur du CAUTRA.

Jean-Luc Garnier¹¹², lors d'un colloque sur *la construction aéronautique : le transport aérien à l'aube du XXIème siècle*¹¹³, souligne que ce qui est à un moment donné établi comme un manque de capacité résulte notamment d'une disparité entre les différents centres de contrôle au niveau européen ; cette disparité est issue pour partie, d'un manque d'homogénéité des moyens technologiques et humains mis en œuvre par les différentes nations (relativement aux choix politiques et industriels propres à chacun) et qui participe de la discontinuité de l'écoulement du trafic.

« La construction d'outils de contrôle implique par exemple, des choix techniques (types de matériel), des priorités d'investissements, des modalités de gestion (agence gouvernementales ou privées), etc. La différence entre la France et l'Allemagne est, par exemple, ici patente : la première a toujours eu une politique industrielle, la seconde laisse faire le marché. Et les degrés intermédiaires entre l'ultra-libéralisme et le dirigisme se combinent avec des pratiques commerciales qui font préférer un certain type de matériel par simple habitude. Ceci conduit par exemple les organismes de contrôle européen à mettre en place dans les cinq prochaines années plus de matériel différent qu'actuellement » (Gras et al., 1994, p.151)¹¹⁴.

Par ailleurs, certains secteurs ont atteint la limite de ce qu'ils sont capables d'écouler en terme de trafic, c'est-à-dire, la capacité pour un contrôleur de gérer, à un instant « t », un nombre maximal d'aéronefs dans un secteur donné. Précisons que cette limite de capacité ne tient pas seulement au nombre d'avions évoluant dans le secteur mais au fait qu'à chaque avion est associée une « bulle » de sécurité règlementaire qui est définie par les normes de séparations (verticales et horizontales).

Notons, selon Alain Gras et al. (1994), que depuis les années 1960, la capacité des secteurs n'a pratiquement pas augmenté malgré l'augmentation des performances techniques. Ce que les auteurs soulignent ici c'est que le problème relatif à l'écoulement du trafic aérien est autant le fait du contrôle que de la régulation :

« La régulation est le produit d'une viscosité des flux, donc des échanges gérés par le contrôle ; or l'insertion dans le milieu rencontre toujours, comme on vient

¹¹² Jean-Luc Garnier est un ingénieur de la navigation aérienne chargé des systèmes d'informations, des études et des plans à la Direction de navigation aérienne.

¹¹³ En ligne : <http://www.institut-strategie.fr/?p=1679>, consulté en Août 2012.

¹¹⁴ Presque 10 ans se sont écoulés depuis cette constatation par les auteurs. Il n'en reste pas moins qu'aujourd'hui, il s'agit avant tout de penser l'adéquation entre les différents systèmes techniques qui sont développés de part et d'autre par les industriels.

de le voir, l'obstacle de la surcharge à un moment ou à un autre, et parfois à plusieurs occasions (...) Mais cette surcharge n'est pas visible à l'œil nu (et beaucoup de pilotes n'y croient pas, ne comprenant pas ce qu'est l'espace macro-systémique), l'espace réel est vide : c'est l'espace virtuel¹¹⁵ tel qu'il est défini par les espacements horizontaux et verticaux des objets volants qui est surchargé (...) Le mode spécifique de la surcharge dans l'aviation civile provient donc du fait social qu'est l'espace non pas réel mais virtuel institué par la communauté aéronautique » (Gras et al., 1994, pp.152-154).

Pour accompagner cette augmentation de trafic et créer de la capacité, sur la base des infrastructures et technologies à disposition, la méthode traditionnellement utilisée consistait à subdiviser l'espace aérien en secteurs de contrôle de plus en plus petits. Or, cette méthode atteindra rapidement ses limites pour deux raisons majeures. La première concerne le nombre de contrôleurs requis pour tenir l'ensemble des nouvelles positions de contrôle. Cela implique la mise en œuvre d'une politique de formation à grande échelle. D'autre part, le fait est que lorsque les secteurs deviennent trop petits la gestion des coordinations des flux entrant ou sortant représente un coût élevé en charge de travail (induisant elle-même une nouvelle contrainte de capacité).

La deuxième limite concerne la disponibilité des fréquences radios pour la transmission des messages. En effet, plus on a de secteurs de contrôle, plus il faut de fréquences radios (une fréquence par secteur de contrôle). Or, les fréquences radios allouées à l'aviation ne sont pas extensibles et les canaux disponibles sont de moins en moins nombreux. Cela a conduit à un resserrement de l'espacement des bandes de fréquences afin de pouvoir multiplier les canaux de transmission proportionnellement au nombre de secteurs de contrôle ; ce mécanisme ne peut être reconduit indéfiniment (ne serait-ce que parce qu'un espacement trop réduit entre deux bandes de fréquences peut conduire à un enchevêtrement des messages transmis sur les différentes fréquences). Enfin, comme le souligne Xavier Fron, « augmenter le nombre de secteurs de 40%, n'augmente la capacité que de 20% environ » (1998, en ligne¹¹⁶).

¹¹⁵ Nous préférons ici utiliser le terme « d'espace construit » plutôt que d'espace virtuel. Nous considérons qu'il n'existe pas d'espace réel versus virtuel mais différentes conceptions et pratiques de l'espace qui évoluent dans le temps au gré des tensions économiques et des usages qui participent à la construction du ciel.

¹¹⁶ www.lajauneetarouge.com/article/evolution-du-contrôle-du-traffic-aerien-en-europe, consulté en Août 2012.

Or, les attentes des compagnies aériennes consistent en une augmentation des capacités des secteurs tout en minimisant les pénalisations (retards, allongement des temps de vol, changement de niveaux en vol, etc.) et en diminuant les coûts unitaires des redevances.

2.2.2. La notion de capacité aéroportuaire

Une autre conséquence liée à l'intensification du trafic aérien concerne la saturation des plateformes aéroportuaires où le trafic, sur la piste et dans les zones terminales (où s'effectuent les phases de montées et de descentes des avions), est dense. Les aéroports représentent des points centraux du système de la navigation aérienne puisque c'est en ces lieux que transitent et embarquent les passagers et le fret (pierre angulaire pour la viabilité du système de la navigation aérienne). Or la croissance actuelle du trafic aérien engendre une saturation des aéroports qui est souvent à l'origine de retards ; ceci induit des pertes financières pour les compagnies aériennes. Ce manque de capacité des aéroports est notamment dû, d'une part, aux capacités physiques d'accueil des aéronefs (nombre et capacité des pistes et parkings, traitement des passagers), et d'autre part aux récentes questions liées à l'environnement (pollution sonore et atmosphérique) et qui conduisent à la fermeture de certains aéroports la nuit à tout ou partie du trafic ou à la mise en œuvre de certaines procédures spécifiques pour limiter les nuisances.

« Comme y'a du monde autour [de l'aéroport], il ne faut pas pénaliser les gens. Et c'est un impératif qui n'a pas de solution. Tu as des pistes au décollage, des pistes à l'atterrissage et voilà, les gens sont pénalisés. Et les Anglais, par exemple, dans leur grande sagesse, ils se sont dit : comme y'en a qui sont pénalisés, il ne faut pas que ce soit toujours les mêmes ! Donc ils ont 2 pistes spécialisées décollage-atterrissage et en milieu de journée, ils changent c'est-à-dire que celui qui avait au dessus de la tête les arrivées, se retrouve avec les départs mais dans l'autre sens. Donc on répartit la contrainte écologique sur les gens et donc sur la répartition technique de la piste et du trafic. Et donc on impose des contraintes économiques parce que les trajectoires ne seront peut être pas celles que l'on voulait au moment de la journée que l'on voulait » (Jean, contrôleur-instructeur).

En outre, les compagnies aériennes mettent en œuvre de plus en plus de stratégies de Hub, carrefour de leur réseau où sont concentrées et organisées les correspondances. Cela leur permet d'optimiser les temps de transfert et de maximiser le remplissage des avions ; phénomène qui participe de la congestion des aéroports. Notre interlocuteur Jean nous formulait ainsi le problème :

« La pression, elle est là : comment poser le maximum d'avions sur une piste dans le temps imparti ? Et ce temps imparti va se reporter sur la pression économique du pilote, à savoir, la partie du Hub » (Jean, contrôleur-instructeur).

Pour les pilotes, la mise en place de stratégies de Hub renforce la pression ressentie quant à l'optimisation du vol dans la mesure où l'enjeu consiste à maintenir des horaires cohérents avec les stratégies de Hub de leur compagnie aérienne de rattachement :

« Quand on arrive des Etats-Unis vers Roissy un peu avant midi, attention, là il faut regarder la liste des passagers parce qu'il peut y avoir des bonnes correspondances long courrier, des vraies et qui font notre fonds de commerce dans la bande des 13h15-13h30. Alors là, attention, il faut s'en occuper davantage. Il faut peut-être accélérer le vol, tenter de gagner 10-15 minutes en ayant prévu ça au départ avec le contrôle qui va bien » (Maxime, pilote d'Air1).

La création de nouveaux aéroport semble par ailleurs difficilement envisageable, comme en témoigne, par exemple, les récents débats autour de la création d'un aéroport international au nord-ouest de Nantes (aussi appelé projet d'aéroport de Notre Dame des Landes). En effet, le développement de politiques environnementales constitue un frein pour le développement de nouvelles plateformes, et plus généralement pour le développement du transport aérien (pollution atmosphérique et sonore). Il en résulte que pour accompagner cette augmentation de trafic, la stratégie adoptée consiste (du moins en Europe) d'une part en une réorganisation du trafic et d'autre part par la mise en œuvre d'un système technique à même de réduire les normes de séparation entre aéronefs.

C'est l'ensemble de tous ces facteurs qui fait qu'il y a une capacité qui n'est pas fixe, capacité qu'il s'agit d'adapter à la demande.

« La démarche, c'est qu'on va garder la sécurité [le contrôle aérien] et on va essayer de répondre à votre évolution [celle des compagnies aériennes]. On essaye de mettre en harmonie l'évolution du trafic et l'évolution des capacités : on essaye de faire bouger ce bloc de capacité vers la demande » (Jean, contrôleur-instructeur).

Sur décision des ministres, Eurocontrol, ou organisation européenne pour la sécurité de la navigation aérienne, se vit confier la tâche d'harmonisation et d'unification de la gestion de la navigation aérienne au travers d'un système uniforme tant du point de vue des réglementations que des technologies utilisées. Sa mission consistait (et consiste toujours) à réorganiser le dessin des routes aériennes et le découpage fonctionnel du ciel en secteurs de

contrôle, le tout afin de faciliter la régulation du trafic au niveau européen. Cependant, la mise en œuvre d'une standardisation des méthodes et des normes communes aux Etats membres ne fût pas chose aisée dans la mesure où il fallait faire face à la diversité des choix techniques, des politiques de gestion (service public, privé) et des mesures de régulation des flux instaurés par les diverses nations européennes, chacune d'entre elles voulant conserver ses prérogatives.

Sous la pression exercée par la croissance du trafic aérien (ainsi que les pronostics établis d'ici 2015 – Figure 12 et 13), la première mesure instaurée par Eurocontrol fut la création de la CFMU (Central Flow Management Unit).



Figure 12 : Flux aériens en 1989

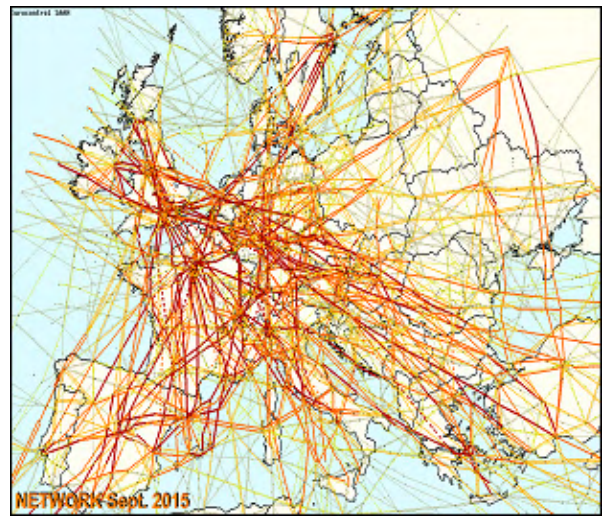


Figure 13 : Flux aérien prévisionnel en 2015¹¹⁷

Comme nous l'avons évoqué au chapitre 1, la CFMU a pour mission de réguler le trafic aérien en Europe. Les avions ne pouvant s'arrêter en l'air, deux alternatives sont possibles pour limiter l'encombrement de l'espace : soit en retardant les avions¹¹⁸, soit en les empêchant de décoller. C'est cette deuxième option qui sera mise en œuvre en Europe. Pour cela, la CFMU centralise l'ensemble des plans de vols à l'échelle européenne afin de coordonner et d'optimiser les flux de trafic. Elle planifie le trafic de façon à attribuer, pour

¹¹⁷En ligne :

http://www.belgocontrol.be/belgoweb/publishing.nsf/Content/Safety_FR~Need_for_safety_FR, consulté en septembre 2012.

¹¹⁸ Plusieurs possibilités : soit en réduisant la vitesse de l'avion, soit en lui rallongeant sa route, soit en le faisant attendre dans des hippodromes d'attente (l'avion tourne autour d'un point). En termes de consommation de carburant cela ne va pas dans le sens des objectifs commerciaux des compagnies aériennes.

chaque secteur de contrôle, un nombre d'aéronefs compatibles avec les capacités d'accueil de ces secteurs, tout en veillant à réduire les délais d'attente. En faisant l'analyse de la façon dont a été opérationnalisée la régulation du trafic aérien, Alain Gras et ses collègues résument le paradoxe comme suit :

« On voit ici l'ambiguïté du processus historique qu'à suivi la mise en place de la régulation : une création de cellules, ou centres, qui construisent leur tissu social. Brusquement une décision des Ministres en 1988 fait l'hypothèse de la faillite de ce processus et revient à l'idée d'une centralisation des opérations de gestion des flux (...) On comprend alors les problèmes qui surgissent car un tel modèle exige un pouvoir coercitif de normalisation des espaces, des comportements et des moyens techniques, or Eurocontrol pour l'instant peut convaincre mais pas contraindre » (Gras et al., 1994, p154).

Pour les contrôleurs aériens, le problème est le suivant :

« Le trafic est régulé par une entité éloignée des contraintes locales sur la base de capacités qu'on a toujours tendance à dépasser en disant « bon 1 ou 2 avions de plus ... ». Mais une fois que les avions sont en l'air, tu ne les arrêtes pas, tu vas avoir une surcharge de capacité qui va être une pression pour le contrôleur. Et il ne dit pas « je ne les veux pas », d'une part parce que techniquement c'est pas possible, une fois qu'il sont en l'air, il faut les prendre. On ne peut pas non plus les re-router parce que c'est trop contraignant, y'a les autres secteurs qui ont leur mot à dire aussi » (Jean, contrôleur-instructeur).

Pour les compagnies aériennes, ce mécanisme de régulation sur la base d'allocation de « créneau de décollage » implique que certains vols ne pourront pas décoller selon les heures initialement demandées (et ainsi respecter les dispositions de rentabilité du vol tel que préconisées par la compagnie aérienne).

2.2.3. Vers une saturation des fréquences radiotéléphoniques

Dans la configuration initiale du système d'activité de la navigation aérienne (c'est-à-dire avant l'implantation du système Data Link dont l'application CPDLC et ADS), les échanges entre pilotes et contrôleurs aériens s'effectuaient au seul moyen de la radiotéléphonie. Nous avons vu que pour accompagner l'augmentation de trafic, les bandes de fréquences radios ont été raccourcies afin de pouvoir faire transiter davantage de messages. Cette solution a principalement permis de soulager les problèmes liés au manque de capacité des fréquences durant les phases d'« en-route ». Cependant, la saturation des fréquences radios est toujours avérée, notamment aux abords des aéroports où la densité de trafic

implique une utilisation beaucoup importante du spectre radioélectrique (cercles bleus sur la Figure 14, p.183).

Durant la première étape du vol, à savoir la phase d'activation du vol, durant laquelle le pilote concerné se met successivement en relation avec le contrôleur « prévol », « sol » et « tour », les informations échangées entre le pilote et les contrôleurs sont nombreuses ; ce qui a pour conséquence une occupation des fréquences beaucoup plus importante. En effet, une fois à bord de son aéronef, le pilote doit se présenter au contrôleur « prévol » afin que ce dernier puisse l'identifier, chercher les informations relatives à son vol, vérifier puis activer son plan de vol. Cette phase nécessite d'échanger sur la fréquence un certain nombre d'informations.

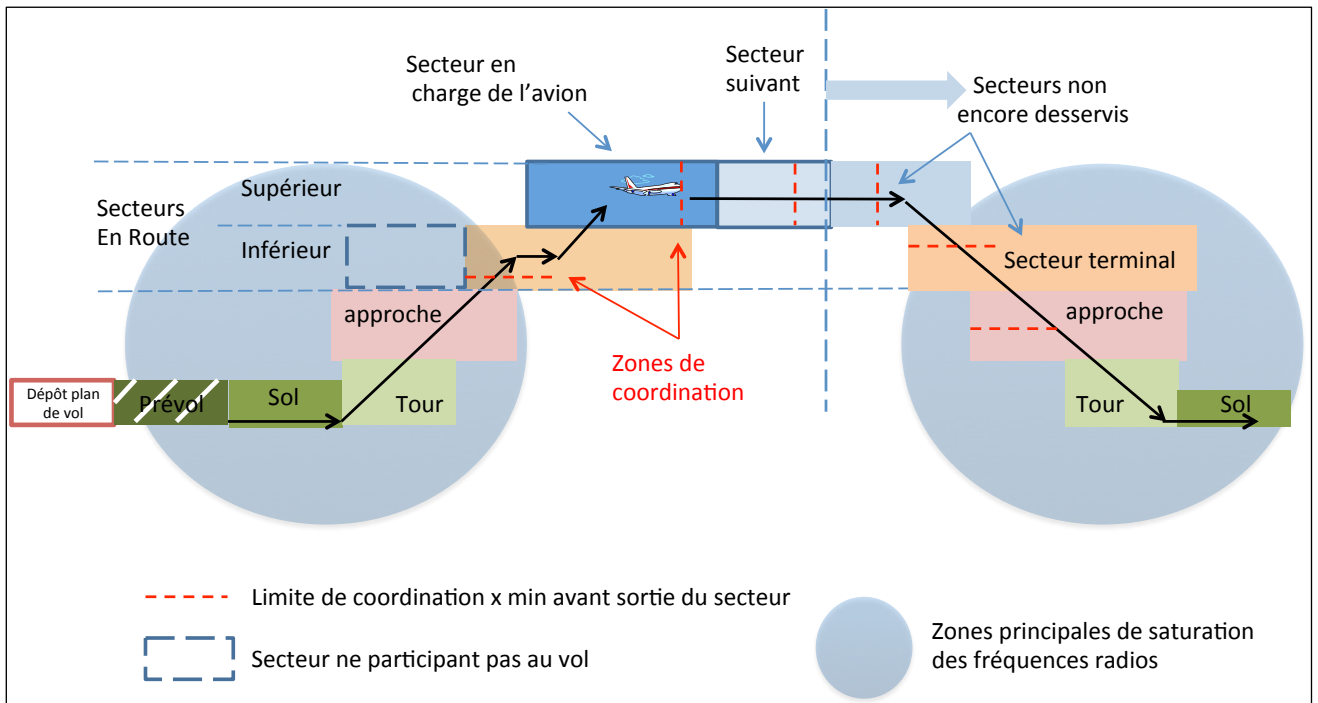


Figure 14 : Problèmes de saturation des fréquences radios

L'extrait d'entretien ci-dessous nous donne des éléments de compréhension quant à la complexité informationnelle que nécessite la phase de « mise en route » de l'aéronef.

« Un avion qui va mettre en route, il va raconter des tas de choses. En vocal, ça va être : [Pour le pilote] je me présente, [et pour le contrôleur] ok je vais chercher qui vous êtes, je vous ai reconnu et les informations que j'ai sont ça et ça. Le pilote, une fois qu'il a dit qui il est, il va dire où il est : je suis à tel parking, et ça va avoir une conséquence après pour le sol. Donc je suis [le pilote] à tel parking, à destination de tel terrain, je veux tel niveau... est-ce que ça colle avec le plan de vol ? Après le niveau qui est demandé, c'est pas forcément le même que celui du

plan de vol puisque le plan de vol c'est un truc un peu standard. Le pilote lui, avant, il a fait son prévol, son travail en amont du vol c'est à dire qu'il est parti chercher les problèmes qu'il y a sur le terrain de destination, la météo sur la route, etc. Et en fonction de ça, il va demander quelque chose qui n'est pas forcément dans le plan de vol.

Le contrôleur va renseigner la machine : niveau tant, destination tant et il est à tel parking, et c'est à partir de là qu'il active le plan de vol avec ces éléments et que le strip va sortir renseigné. Ca à l'air de rien mais c'est une position qui peut être très vite saturée parce que le temps qu'il te dise « Air France 076 bonjour, à destination de Los Angeles, on est au parking Bravo 4, on voudrait le niveau 350 », donc [le contrôleur dit] « standby » et tu [le contrôleur] vas chercher les informations. Pendant ce temps, tu en as un autre [un autre pilote] qui peut appeler puisque tu n'as plus de communication [en cours sur la fréquence]. Pendant que l'autre appelle, le contrôleur est en train de faire des choses sur sa machine et donc très vite, tu peux avoir un problème de capacité de fréquence et d'informations » (Jean, contrôleur-instructeur).

Ce que cet extrait met en avant est que le manque de capacité des fréquences radios relativement à la densité et à la complexité des informations qui doivent être transmises est un des problèmes majeurs, lequel doit être résolu afin d'accompagner l'intensification du trafic aérien. Par ailleurs, une autre tension émerge, elle a trait à la non disponibilité des contrôleurs et/ou des pilotes du fait de la saturation de ces fréquences radios. Pour un de nos interlocuteurs, cela pose de gros problèmes en terme de sécurité :

« Autant les contrôleurs peuvent avoir besoin à tout moment d'appeler les pilotes et de savoir qu'ils peuvent le faire, autant les pilotes ont besoin de savoir qu'ils peuvent appeler les contrôleurs à tout moment et qu'ils peuvent le faire. Si le contrôleur est occupé sur plusieurs fréquences à la fois, il y a un danger c'est que tu sais que ton interlocuteur n'est pas forcément disponible et ça ça pose des problèmes de gestion avec des avions qui volent à 4, à 6 nautiques/minute et 7 nautiques/minute pour les avions de ligne, cela fait entre 8 et 13 Km/minute, tu vois ce que ça fait, tu vois les temps de rapprochement avec des avions, des obstacles, des orages. Un nuage d'orage tu le détectes au radar [radar embarqué] et tu ne peux pas en placer une sur la fréquence pendant une ou cinq minutes ça devient grave, t'as pas le droit de changer de route sans avoir l'autorisation et tu es en train de voler dans un nuage d'orage et tout le monde va voler dans la cabine » (Daniel, pilote-inspecteur).

Ce manque de disponibilité de l'interlocuteur (pilote et/ou contrôleur) relativement à l'encombrement des fréquences est en effet un problème majeur, notamment lorsque, comme le souligne notre interlocuteur, certaines circonstances nécessitent que les échanges puissent

avoir lieu dans un temps très court. En zone océanique, lors des phases de croisière où aucun relais hertzien ne permet plus l'utilisation des fréquences VHF, ce sont alors les fréquences HF qui sont utilisées. Dans ces situations, la saturation des fréquences radios s'articule autour de la qualité de la transmission des messages. Ce qui fait problème ici concerne le caractère aléatoire des fréquences HF, notamment lors des reports de position qui sont émis par les pilotes et qui permettent de renseigner les contrôleurs quant à la position, l'altitude de l'aéronef. En effet, en l'absence de détection radar, le suivi des aéronefs ne peut s'effectuer que par extrapolation des informations reçues lors de ces reports de position.

Qu'il s'agisse d'une saturation en termes de nombre de transmissions ou en termes de qualité des transmissions, les tensions ressenties par les pilotes concernent la non disponibilité des fréquences ou la difficulté d'utilisation de celles-ci en temps voulu. Ces problèmes de capacités (des secteurs, des aéroports, des fréquences radios) ont ainsi amené les acteurs de la navigation aérienne à chercher une solution permettant de résoudre ces problèmes tout en accompagnant les objectifs de rentabilisation du transport aérien et les enjeux de sécurité.

2.3. Contradiction tertiaire : informatisation et automatisation des activités de contrôle et de pilotage

Selon Engeström, la contradiction tertiaire prend forme lorsque de nouveaux éléments sont introduits dans le système d'activité afin de résoudre les tensions issues de la contradiction secondaire. Nous nous intéressons donc ici, à la manière dont les acteurs du système d'activité de la navigation aérienne tentent de résoudre ces tensions en introduisant de nouveaux éléments dans leurs pratiques.

Afin d'accompagner l'augmentation de trafic et résoudre les problèmes relatifs aux capacités de secteurs, d'aéroports et aux saturations des fréquences radios, les choix se sont orientés vers la mise en œuvre d'une étape supplémentaire dans l'informatisation et l'automatisation des activités de pilotage et de contrôle et leurs inter-relations. Nous nous focalisons plus spécifiquement sur la mise en œuvre du nouveau système technique utilisant les liaisons de données numériques (Data Link) pour la transmission des données air-sol (AGDL : *Air Ground Data Link*). En Europe, il s'agit du volet technologique du projet « ciel unique Européen » (au travers du programme SESAR ou projet Eurocat-E) ; des systèmes similaires sont développés de part et d'autre du globe au travers de différents projets. Dans le cas de notre étude, il s'agit du système TIARE (ou Eurocat-X) qui a été installé au centre de

contrôle de Tahiti, tel que nous l'avons montré dans le chapitre 4. Les enjeux associés aux déploiements de ces systèmes techniques sont les suivants :

« Tout en conservant la même sécurité des vols, il va falloir réduire la distance de séparation des avions en vol, sortir des routes aériennes traditionnelles définies et des balises de radionavigation, multiplier les couloirs aériens, suivre les avions avec plus de précision, les identifier en toute certitude, planifier les vols en faisant abstraction des secteurs de contrôle et des frontières des Etats, donc des systèmes nationaux, prévoir et résoudre les conflits de trajectoires bien plus tôt qu'aujourd'hui, permettre des changements de routes faciles et prendre les décisions en collaboration avec les différents acteurs : contrôleurs, pilotes, compagnies aériennes, autorités aéroportuaires... » (revue professionnelle *les jaune et les rouge*, 1998, en ligne)¹¹⁹.

Une des solutions retenue pour répondre à ces objectifs a ainsi été le développement d'un maillage informatique entre le sol et le bord. Avec les évolutions des télécommunications, des techniques satellitaires et de l'informatique, l'enjeu consiste à développer de nouveaux systèmes qui permettront de créer de la capacité en automatisant une partie des tâches liées à la transmission des données entre le sol et l'air.

Il s'agit là d'un projet d'harmonisation des technologies et des méthodes à l'échelle européenne et mondiale¹²⁰. Comme nous l'avons évoqué dans le chapitre 1, ce projet s'articule autour du programme CNS/ATM : *Communication, Navigation, Surveillance for Air Traffic Management*. L'idée qui avait été émise au début des années 1980 par le comité « *Futur Air Navigation* » (FANS) créé par l'OACI était d'utiliser des protocoles d'échanges de données informatiques afin de libérer de l'espace sur les fréquences. Le principe étant ainsi d'utiliser les liaisons de données pour transmettre un certain nombre d'informations entre le sol et le bord. La région Pacifique Sud a été la première à mettre en œuvre le programme

¹¹⁹ www.lajauneetlarouge.com/article/evolution-du-contrôle-du-traffic-aerien-en-europe, consulté en septembre 2012.

¹²⁰ Notons « qu'il est bien évident que si les européens développent SESAR aussi vite que possible et les américains leur système, et qu'ils se causent un peu au travers de l'organisation internationale de l'aviation civile, c'est parce qu'ils veulent aller assez vite pour développer un système qui devienne le standard mondial ou l'un des deux standards mondiaux mais qui soit compatible ou capable de converser ensemble pour que les autres pays émergents soient obligés d'adapter les mêmes procédures, les mêmes méthodes et on va dire, d'acheter les mêmes matériels. Si nous ne le faisons pas nous-même et vite avec notre manière de concevoir le futur du transport aérien, nous serons condamnés à nous plier aux procédures et aux méthodes des autres et à acheter leurs méthodes de formation, leurs formations et leur matériel » (extrait du documentaire « le ciel sous contrôle, en ligne sur le site du ministère l'écologie, du développement durable et de l'écologie, http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=article&id_article=31984

CNS/ATM, lieu de notre recherche empirique. Les communications entre pilotes et contrôleurs se font désormais par liaison de données pilotes/contrôleurs CPDLC via le satellite. L'application CPDLC permet l'envoi de messages informatisés de façon à soulager les pilotes et les contrôleurs d'une transmission radiotéléphonique HF bruyante et souvent parasitée ; celle-ci n'étant alors plus utilisée que comme moyen secondaire pour la transmission des messages (les échanges CPDLC entre pilotes et contrôleurs ne s'appliquent cependant pas à tous, ils ne concernent que les avions équipés du système FANS). En Europe, l'application CPDLC est perçue, quant à elle, comme une réponse possible à des exigences croissantes, à savoir, augmenter les capacités des secteurs de contrôle en environnement continental grâce à une diminution du volume d'échange sur les fréquences VHF (c'est-à-dire avoir la capacité de gérer plus d'aéronefs, ce qui implique d'avoir la possibilité de faire transiter plus de messages dans un temps plus court). Actuellement, dans ce contexte européen, seul le centre de contrôle de Maastricht, le MUAC (*Maastricht Upper Area Control Centre*) est équipé CPDLC (depuis 2003). En France, les premières expérimentations de ce système ont eu lieu à Reims en 2008. Par ailleurs, le Data Link permet également de décongestionner les fréquences radios en automatisant une partie des informations qui étaient initialement transmises par radio. Les premiers services Data Link ont été déployés au niveau du « contrôle d'aéroport », phase d'activation du vol où les informations transmises entre pilotes et contrôleurs sont nombreuses, entraînant ainsi une occupation plus importante des fréquences radios.

« Comment faire pour régler ce problème ? Data Link : y'a des choses qui sont répétitives. La première chose qu'on a supprimé ce sont les informations de terrain, c'est ce qu'on appelle l'ATIS. Ça consiste à renseigner toutes les demi-heures où en cas de changement significatif les informations du terrain. Le pilote ne contacte plus le contrôleur pour savoir s'il y a de l'encombrement, s'il y a un taxiway qui est fermé ou quelles sont les aides au sol qui marchent ou pas, etc. »
(Jean, contrôleur-instructeur).

L'idée qui avait été émise consistait à dire que certaines informations ne nécessitant pas de collationnement pouvaient être automatisées, permettant ainsi de réduire le temps d'occupation des fréquences. Par exemple, les informations météo qui étaient initialement transmises par les contrôleurs, seront désormais enregistrées toutes les x minutes et disponibles aux pilotes via une interface spécifique.

Les activités de production d'information et de communication des pilotes et des contrôleurs comportent un autre volet qui consiste, pour les pilotes, à transmettre des informations régulières sur leur position et leur trajectoire ; il s'agit des reports de position. Initialement transmises par radiotéléphonie, ces informations sont maintenant envoyées automatiquement via l'application ADS. Ce système ADS avait été conçu, au début, comme moyen de surveillance ; il permet l'envoi, par liaison de données, des données issues des équipements bord de navigation et de calcul de position, aux systèmes sol. Ces calculs de position sont effectués par un système de positionnement par satellite (GNSS, qui correspond à la partie « navigation » du programme CNS/ATM). Le système ADS permet de soulager deux tensions : d'une part, il permet de décharger les pilotes de l'envoi, par radiotéléphonie, des reports de position, et d'autre part, il permet une plus grande précision dans la détection de la position des aéronefs ; ce qui permettra à terme, de réduire les normes de séparation entre aéronefs.

« Avant on était en espacement verticale de 2000 pieds. Grâce à la qualité des avions on a pu réduire cet espacement à 1000 pieds ; et maintenant grâce au système ADS/CPDLC, c'est vraiment ça l'impact direct, on est à 20 nautiques d'espacement. On était à 50 et on est passé à 30 ou 20 nautiques, ce qui permet quand même de raccourcir les espacements et de fluidifier le trafic » (François, pilote d'Air1).

En effet, comme nous l'avons évoqué dans le chapitre 1, les normes de séparation sont fonction de la marge d'erreur entre la position réelle des aéronefs et la position estimée de ceux-ci par les instruments de détection. Plus la précision de détection s'affine, plus il est alors possible de réduire les normes de séparation ; cela participe, de fait, à augmenter la capacité des secteurs.

2.4. Contradiction quaternaire : reconfiguration des systèmes d'activité

La contradiction quaternaire fait référence aux tensions qui émergent entre le système d'activité qui a été reconfiguré et les autres systèmes d'activités aux alentours. Dans notre étude, nous nous intéressons ainsi aux tensions entre les deux systèmes d'activité de pilotage et de contrôle, ainsi reconfigurés. Une fois le système technique implanté, l'environnement socio-technique de l'activité de la navigation aérienne s'est reconfiguré comme indiqué sur la Figure 15 :

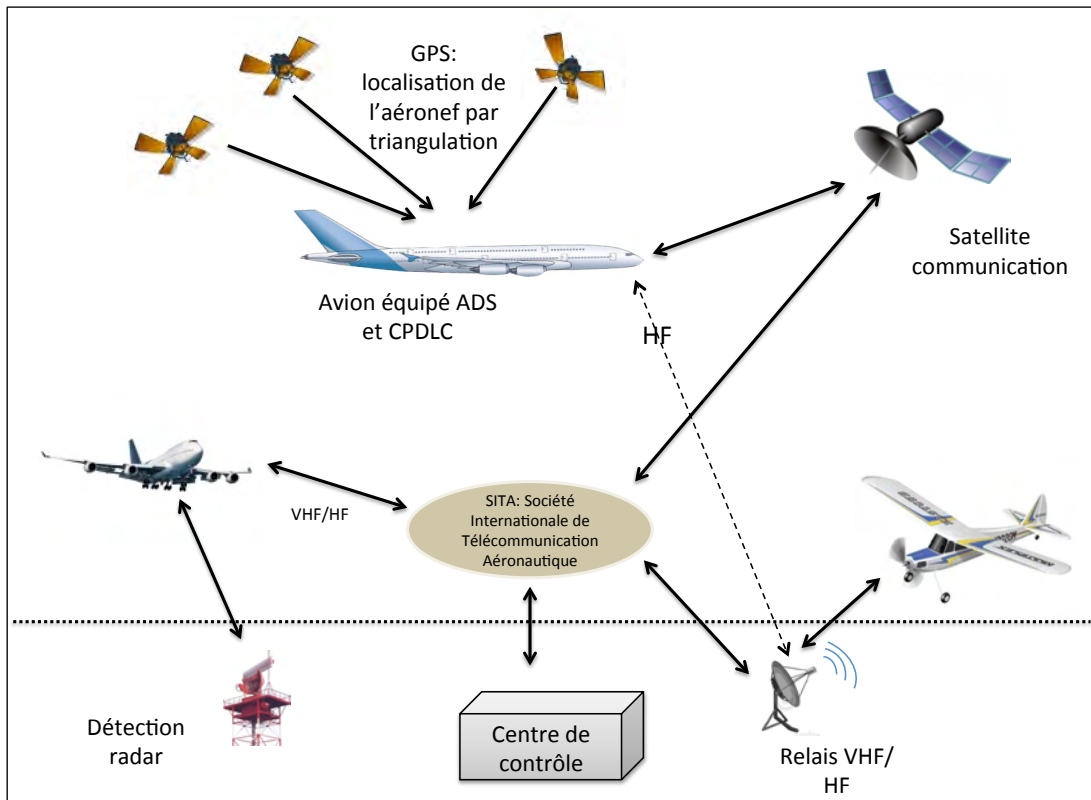


Figure 15 : Reconfiguration de l'environnement socio-technique de l'activité de la navigation aérienne

Ce que nous avons souhaité mettre en avant au travers de ce schéma, c'est qu'il est important de comprendre que ces nouveaux systèmes ne viennent pas en remplacement des anciens mais s'y combinent, amenant ainsi les contrôleurs à devoir gérer différents types d'avions qui utilisent des technologies différentes. Dans un même espace-temps, les contrôleurs pourront ainsi être amenés à prendre en charge et à communiquer avec des aéronefs qui sont, soit sous détection uniquement radar et en communication radio, soit sous détection ADS et en communication CPDLC. Pour ces derniers, la détection radar et les communications radiotéléphoniques sont néanmoins toujours avérées dans certaines zones et selon certaines configurations spécifiques. Les contrôleurs aériens doivent donc composer avec une diversité de procédures qui sont fonction de l'équipement sol et embarqué ; les normes de séparation par exemple, ne sont pas les mêmes lorsqu'il s'agit d'un vol en détection radar ou en détection ADS. Du côté des pilotes, ceux-ci seront également amenés à choisir le mode de transmission approprié selon la situation et l'équipement sol (au cours d'un vol, selon son parcours, un pilote peut interagir soit avec un centre de contrôle équipé CPDLC et d'un système de traitement des plans de vol en ADS, soit avec un centre non équipé ; les procédures de coordination inter-centre n'étant pas les mêmes).

Notre recherche empirique se situe à l'articulation entre la contradiction tertiaire et quaternaire, dans cet entre-deux vaste notamment parce que le déploiement du système technique n'est pas homogène dans le temps et l'espace (tous les avions et les centres de contrôle ne sont pas équipés, ou pas totalement). La mise en œuvre du système technique informationnel participe à reconfigurer les médiations matérielles et sociales et à redéfinir la division du travail. De cette reconfiguration des activités de pilotage et de contrôle et de leurs inter-relations émergent de nouvelles tensions à l'intérieur et entre les systèmes d'activité (Figure 16).

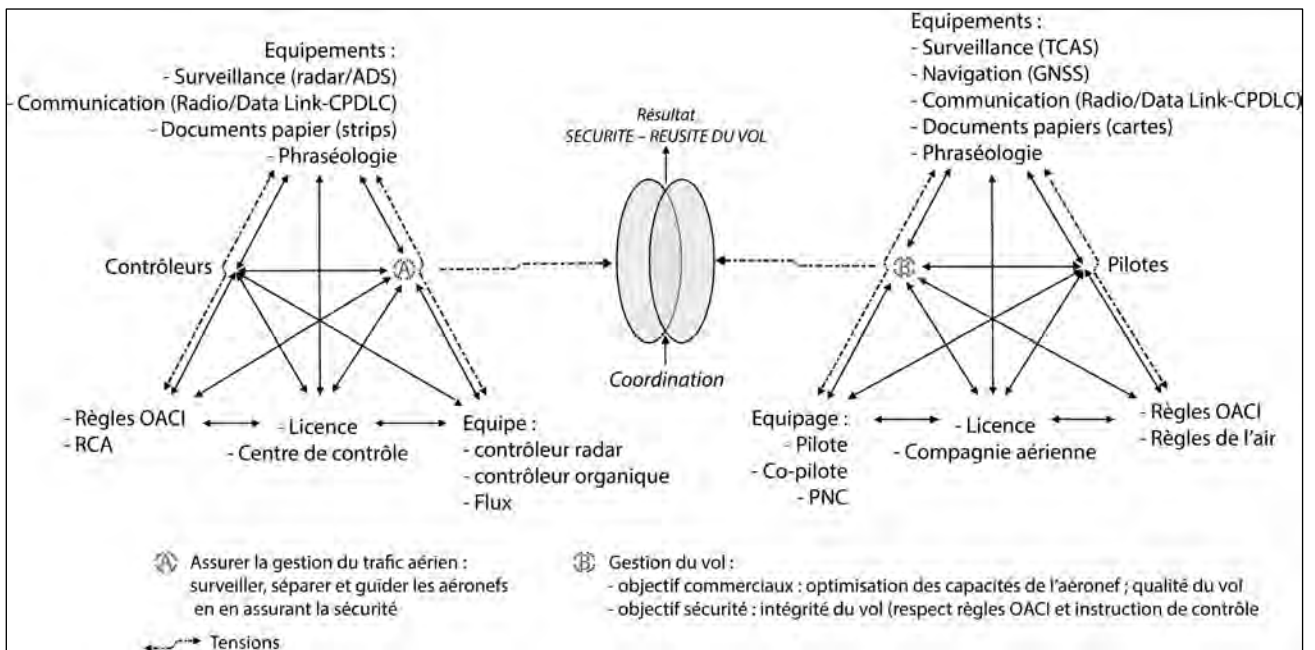


Figure 16 : Tensions issues de la contradiction tertiaire et quaternaire

Pour interroger la façon dont le système technique participe à certaines reconfigurations des systèmes d'activité et interroger ce en quoi ils portent une conception spécifique des modalités d'actions des pilotes et des contrôleurs, il nous faut décrire ses propriétés matérielles. Tel que nous l'évoquions dans le chapitre 3, nous nous sommes pour cela munie de la notion d'architecte de Jeanneret et Souchier (1999) qui nous permet une analyse plus fine des « écrits d'écrans ».

Conclusion de chapitre : Transformations technologiques et équipement des règles

Au travers de la théorie de l'activité d'Engeström et tout particulièrement par la mobilisation de son concept de contradiction, nous nous sommes attachée à retracer les dynamiques socio-historiques et économiques des activités de navigation aérienne tant du contrôle que du pilotage afin de cerner les enjeux associés à la mise en œuvre d'une automatisation et d'une informatisation des activités de production d'information et de communication des pilotes et des contrôleurs aériens. Nous avons montré que l'aviation a connu des transformations socio-techno-économiques continues qui se sont accélérées et intensifiées dans le contexte contemporain de globalisation des économies. Nous avons identifié que la contradiction primaire repose sur une tension entre la montée en puissance des enjeux économiques et les exigences de qualité-sécurité. Avec l'augmentation du trafic aérien nous avons vu que le système d'activité de la navigation aérienne est mis sous tension afin de répondre à ces objectifs socio-économiques, entraînant ainsi une limitation des capacités socio-techniques. Afin de soulager ces niveaux de contraintes croissants, le choix s'est porté sur la mise en œuvre d'un système technique dont les implications concernent tout particulièrement les activités de production d'information et de communication des pilotes et des contrôleurs aériens. Notamment, les échanges radiotéléphoniques, pour la transmission des messages de la circulation aérienne, sont désormais informatisés et mis en écran au travers de messages pré-formatés disponibles depuis un espace dédié. Ce nouvel équipement des activités est ainsi pensé comme un moyen d'accompagner la montée en puissance des logiques économiques et gestionnaires. On assiste, au fur et à mesure de cette informatisation, à une imbrication entre les outils et les règles et entre les outils et la division du travail. Pour poursuivre plus avant la façon dont l'intégration de ce système technique participe à reconfigurer les activités de pilotage et de contrôle, nous nous intéressons, dans le chapitre suivant aux architectes avec lesquels pilotes et contrôleurs sont amenés composer.

Chapitre 6

Les outils et leurs architextes en présence : questions d'autorité et de responsabilité

Dans l'activité de la navigation aérienne, la mise en œuvre du système technique AGDL est considérée, de manière générale, par les pilotes et les contrôleurs que nous avons rencontrés, comme une avancée significative en matière de transmission des données entre l'air et le sol. Les applications CPDLC et ADS en particulier, permettent de soulager une partie des tensions vécues par les acteurs, notamment pour ce qui a trait à leurs activités communicationnelles. Néanmoins, à l'analyse, il en ressort que, dans certaines situations ou configurations d'action, de nouvelles tensions émergent lorsque « de nouvelles façons de faire » viennent bousculer les pratiques de travail pré-existantes. Nous proposons dans ce chapitre de poursuivre plus avant l'analyse de la transformation de l'activité de la navigation aérienne en nous concentrant plus particulièrement sur les tensions vécues par les pilotes et les contrôleurs suite à la mise en œuvre de ce nouveau système technique ; tensions qui peuvent être des manifestations des contradictions tertiaires et quaternaires. L'identification de ces tensions nous permet de pointer les éléments qui relèvent d'un impensé de ce système technique. Sans prétendre être exhaustif dans l'identification de ces tensions, nous entendons montrer comment l'activité des pilotes et des contrôleurs est mise à l'épreuve à l'occasion de l'introduction de ce système technique (et de son imbrication avec les systèmes existants) et comment cela participe à redéfinir les pratiques professionnelles de façon à combler cet impensé. Nous explorons notamment la façon dont cela participe à équiper les règles qui définissent les activités de contrôle et de pilotage et à reconfigurer les divisions du travail en redéfinissant les domaines d'intervention des pilotes, des contrôleurs ainsi que la part allouée aux systèmes techniques.

Les questions qui nous préoccupent ici sont les suivantes :

- Comment le nouveau système technique vient-il équiper ou non les activités de pilotage et de contrôle ?

- Comment s'insère-t-il dans des pratiques pré-existantes et quelles sont les nouvelles pratiques qu'il rend possible ?
- Comment participe-t-il à reconfigurer les pratiques de travail et plus particulièrement, les pratiques communicationnelles des pilotes et des contrôleurs ?

1. Pour une discipline du vol : emboîtement et durcissement des règles et leur équipement par les outils

- *Comment le nouveau système technique vient-il équiper ou non les activités de pilotage et de contrôle ?*
- *Comment s'insère-t-il dans des pratiques pré-existantes et quelles sont les nouvelles pratiques qu'il rend possible ?*

En retraçant la trajectoire socio-techno-historique des activités de la navigation aérienne, nous avons pu constater que celles-ci se sont très rapidement inscrites dans une dynamique de rationalisation des activités, des méthodes et des outils. Soucieux de maintenir un haut niveau de sécurité tout en satisfaisant des logiques de performances économiques de plus en plus exigeantes, les acteurs de ce système ont très rapidement développé une série de règles et de normes très formalisées qui régissent les médiations matérielles et sociales au sein et entre les systèmes d'activité de pilotage et de contrôle. Pour un vol donné, pilotes et contrôleurs sont ainsi soumis à des règles spécifiques, standardisées et très protocolisées qui cadrent et précisent la façon dont doivent être menées à la fois leurs activités propres (chacun dans leur système d'activité) et leurs activités de coordination (donc la façon dont ils doivent communiquer entre eux). Nous avons montré, dans le chapitre précédent, comment le système technique AGDL a été intégré afin de soulager les tensions issues de la contradiction secondaire c'est à dire, à la fois soutenir les enjeux de densification du trafic en créant de la capacité et maintenir un niveau de sécurité socialement acceptable ; le tout en proposant des dispositifs techniques conçus « comme fonctionnels par *essence*, et donc comme *essentiellement* tournés vers l'efficacité » (Feenberg, 2004, p14). Le choix qui s'est opéré porte sur un modèle d'informatisation et d'automatisation supposé transférable à tout type de situation et à même d'accompagner et d'équiper une logique de contrôle rationnel et d'efficacité.

1.1. Le « plan » du vol : pour une maîtrise de la trajectoire du vol

L'élément le plus représentatif, de prime à bord, de cette volonté de rationalisation de la pratique de vol concerne le plan de vol. En effet, il nous semble que le terme de « plan de vol » retenu dans le langage « indigène » professionnel pour désigner la façon dont doit être mise en œuvre la pratique de vol, traduit bien une volonté de discipliner la conduite de vol sur la base d'éléments pré-définis ; éléments qui par ailleurs, reflètent la dimension économique d'optimisation du vol relativement aux exigences des compagnies aériennes. Le terme de plan de vol est communément assimilé à la route que doit suivre un avion pour aller d'une destination A à une destination B. Mais que révèle t-il (vraiment) sur la façon dont est conçue, organisée, mise en plan, la pratique de vol ? Comme nous l'avons évoqué à plusieurs reprises, le dépôt d'un plan de vol auprès des services de la circulation aérienne est obligatoire. Il peut s'effectuer sous plusieurs formes ; en général, tout du moins en ce qui concerne les vols commerciaux, les plans de vol sont formalisés dans le cadre de formulaires standardisés (par l'OACI). Ces architectes définissent les éléments du vol que la compagnie aérienne doit renseigner pour que ce vol soit pris en charge par les services de la circulation aérienne : aéroport de départ, d'arrivée, immatriculation de l'aéronef, vol IFR ou VFR, type d'aéronef, équipement à bord, etc. Il existe 3 types de plan de vol : le plan de vol répétitif (qui décrit les vols réguliers et qui est établi tous les 6 mois par les compagnies aériennes), le plan de vol déposé (qui décrit la totalité du vol et qui est communiqué aux services de contrôle avant le vol) et le plan de vol réduit (qui est une modification, au cours d'un vol, d'un élément du plan de vol initial et qui nécessite une *clearance* de la part du contrôleur). Le plan de vol déposé (qui peut être répétitif ou non), c'est à dire à celui qui sera effectivement déposé auprès du centre de contrôle en charge de l'activation du vol (et qui sera programmé dans le système sol et le système bord), contient tous les éléments relatifs au vol : les caractéristiques du vol tels que précisés par les standards OACI que nous avons évoqué plus haut ; ainsi que les éléments ajustés le jour du vol et qui viennent détailler le déroulement du vol : la trajectoire de l'avion et les différents points de passage, les niveaux de vol, le nombre de passagers, le carburant, etc. Ces derniers éléments sont préparés par le « *jet planner* » de la compagnie aérienne qui va déterminer la RTM (Route à Temps Minimum). A partir de là, le *jet planner* édite un « *Operational Flight Plane* » (OFP). Environ 2 h avant le début du vol, le commandant de bord pour le vol concerné consulte l'OFP et y apporte, si nécessaire et dans le respect des réglementations (ex : carburant minimum obligatoire) des modifications : il vérifie ainsi que les paramètres du vol correspondent au vol qu'il s'apprête à effectuer en tenant compte des

dernières informations relatives à la météo, à une surcharge éventuelle (nécessitant l'emport de carburant supplémentaire), à la route empruntée, etc. Une fois l'OFP actualisé et validé, le contrôleur « prévol » (en charge de l'activation du vol) y aura accès depuis une banque de donnée. Un plan de vol dit « machine » ou « technique » (FDR : *Flight Data Recording*) sera ensuite enregistré dans le FDP (*Flight Data Processor*). Ce même plan de vol sera également disponible (par interrogation du système sol) dans le FMS (*Flight Management System*) du système bord des pilotes. Durant toute la durée du vol, les pilotes devront suivre le plan de vol déposé tout en ajustant la trajectoire du vol aux contingences de la situation pour le vol concerné mais sans que cela n'interfère trop avec le plan initialement calculé.

Nous proposons, ci-dessous, d'analyser un premier extrait d'entretien effectué auprès d'un pilote-instructeur qui nous raconte comment se déroule le traitement du plan de vol. Cet extrait nous semble particulièrement intéressant pour saisir la façon dont les normes et les règles sont mises au travail par les pilotes et comment elles sont incorporées et traduites par ceux qui sont au cœur même de l'action.

Extrait 1 :

*« Les opérations via le jet planer édite l'OFP qui est assez précis **et dedans y'a tout ce qui est optimum** : les vents en moyenne, les températures moyennes, l'altitude, etc. **Et nous on essaye de se coller le plus possible à l'OFP pour que ça marche. Donc notre rôle dans un avion commence à diminuer (...)** On a l'OFP qui est édité, on arrive aux opérations 2h avant et on valide l'OFP : il nous propose un carburant minimum, un déroutement, **il nous propose des choses et nous on vérifie qu'il ne s'est pas trompé** c'est à dire que le déroutement est accessible, que le pétrole est suffisant. On peut rajouter notre petite touche par exemple pour une traversée de l'Atlantique ; des fois il nous fait changer de niveau pendant la traversée pour la route optimum : **non dans la pratique c'est pas possible**, c'est à dire qu'on va voler plus bas et donc qu'on va consommer plus. Des fois quand tu montes - comme on essaye de te mettre dans les vents –tu ratrapes un vent arrière plus fort, un jet stream. Mais des fois quand tu montes, le vent diminue et des fois, quand tu descends, le vent augmente. On a intérêt à rester, par exemple, au niveau 340 et l' OFP te dis de monter au niveau 360. (...) **Ca c'est la petite touche perso, c'est pas grand chose. On essaye de valider l'OFP. Et quand on signe l'OFP on s'engage, si y'a un accident on va nous demander pourquoi on a mis moins de pétrole que ce qui est dit sur l'OFP, pourquoi pourquoi pourquoi (...)** **Ce papier est agréé par l'aviation civile, tu peux pas faire n'importe quoi (...)** La réserve minimale de carburant est imposée par la réglementation, **on peut pas faire n'importe quoi. Nous on est payé pour appliquer la loi.***

(...) Dès que l'OFP est validé, c'est parti (...) **quand on arrive [dans l'avion] on rentre le vol qui est planifié** (...) On a une masse au décollage et là on calcule les paramètres au décollage (...) donc je calcule tout ça et **en général, l'ordinateur, il fait mieux que moi** (...) Sur Air3 on part lentement, on utilise une puissance faible. C'est comme avec la voiture quand tu accélères, 1^{ère} ... 2^{ème} ... 3^{ème} ... 4^{ème} ..., Moi avec la voiture, je vais accélérer un tout petit peu **pour pas consommer de carburant**, lentement. Donc on calcule une puissance minimale de décollage mais qui permet de **respecter la réglementation**. Donc on calcule une puissance minimale de décollage en fonction de la météo et de l'OFP. On rentre les paramètres dans l'ordi et **il nous donne les paramètres de décollage**. On pourrait décoller plein pot mais ce qui se passe c'est qu'on abîme les moteurs et donc on touche à la longévité des moteurs » (Francis, pilote-instructeur d'Air3 – accentué par nous).

Cet extrait nous renseigne, plus en détail, sur le cadre fortement prescrit de la pratique du vol. Les éléments qui y figurent nous semblent révélateurs des tensions qui prennent forme entre l'activité planifiée (et économiquement satisfaisante) et l'activité réelle en situation ; le rôle des pilotes étant de faire tenir ensemble ces deux facettes de l'activité de pilotage. Nous allons poursuivre plus avant l'analyse de ce cadre de prescription et la façon dont les pilotes s'y conforment, composent et recomposent leurs pratiques. Puis, dans un deuxième temps, nous verrons dans quelle mesure le système technique déployé participe à renforcer les règles relatives à la tenue de ce plan de vol.

1.1.1. Le traitement du plan de vol : un travail de mise en conformité

Pour les pilotes, le début d'un vol consiste à prendre connaissance du plan de vol qui a été planifié en amont par leurs compagnies aériennes de rattachement. Comme nous l'avons indiqué plus haut, ce plan de vol est actualisé par le *jet planner* de la compagnie aérienne (environ cinq heures avant le début du vol) et précise la quantité de fuel, la route, l'altitude ; le *jet planner* récupère des informations sur les aéroports en route et à destination, sur les espaces aériens traversés et sur la météo (carte des vents et des phénomènes significatifs, ainsi que des précisions sur les aéroports). Sa mission consiste à définir la route à temps minimum en pré-inscrivant dans le plan de vol les paramètres du vol qui permettront un déroulement optimum de ce vol (« *et dedans y'a tout ce qui est optimum* »). Et comme le souligne notre interlocuteur, c'est un « *OFP qui est assez précis* » ; ce qui participe à renforcer la logique de prescription et à réduire la part d'action des pilotes dans le calcul du plan de vol (« *Donc notre rôle dans un avion commence à diminuer* »). Les pilotes examinent l'OFP et y

apportent, si nécessaire, des modifications en fonction de ce qu'il savent être possible ou non pour la pratique réelle du vol relativement aux éléments du contexte (météo, emport d'une charge supplémentaire, etc.) qui auront un impact sur la mise en œuvre de ce vol ; mais tout en se conformant au plus près du « plan » (« *Et nous on essaye de se coller le plus possible à l'OFP* »). C'est dire si le respect de ce « plan » relève d'un objectif normé à atteindre. Le cadre est dès lors défini et la marge d'initiative des pilotes limitée à des micro-ajustements (« *ça c'est la petite touche perso, c'est pas grand chose* ») qui consistent alors à « vérifier qu'il [le jet planner] ne s'est pas trompé » ; et ce, afin de s'assurer de la cohérence du plan aux contraintes spécifiques de la situation pour le vol concerné.

Pour les pilotes, il s'agit également, lors de ce travail de vérification, de s'assurer que ce qui est défini dans l'OFP ne contrevienne pas aux règles plus générales qui encadrent l'activité de pilotage (règles de l'air et règles de la circulation aérienne) : « *La réserve minimale de carburant est imposée par la réglementation, on peut pas faire n'importe quoi* », « *nous on est payé pour appliquer la loi* ». Nous ne sous-entendons pas ici que le plan de vol compagnie déroge à ces règles, mais seulement qu'en fonction de la situation, certains paramètres réactualisés ne permettront plus de garantir le respect de certaines normes réglementaires tout en respectant l'ensemble des contraintes du plan de vol. Il s'agit là de rendre compatible différents cadres prescriptifs : les exigences de la compagnie aérienne d'une part, et les réglementations internationales d'autre part dont les contrôleurs et les pilotes sont en quelque sorte les porte-paroles. Ce travail de mise en conformité qui consiste à faire tenir ensemble des normes qui sont hétérogènes et qui relèvent d'instances normatives distinctes, nous semble particulièrement saillant lorsque le pilote nous raconte que pour suivre la route optimum, l'OFP indique un changement de niveau au dessus de l'Atlantique ; changement qu'il n'est en fait pas possible de réaliser (« *non dans la pratique c'est pas possible !* »), quitte à déroger aux exigences de la compagnie (« *on va voler plus bas et donc on va consommer plus* ») ; la sécurité du vol restant leur priorité. Cela se remarque également lorsqu'il nous raconte qu'il doit ajuster les règles spécifiques de la compagnie en matière de procédures de décollage (dont la dimension économique est prégnante : « *je vais accélérer un tout petit peu pour pas consommer de carburant* ») aux réglementations OACI sur la puissance minimale requise pour décoller (« *on calcule une puissance minimal de décollage mais qui permet de respecter la réglementation* »), tout en se conformant à l'OFP et aux conditions météorologiques.

« *Quand on arrive [dans l'avion] on rentre le vol qui est planifié* » ; plan qu'il s'agira de suivre pendant toute la durée du vol. Une fois le plan de vol enregistré dans le FMS, l'ordinateur de bord de l'aéronef calcule, sur cette base, l'ensemble des paramètres opérationnels pour maintenir l'avion dans une configuration de vol conforme au plan ; « *et en général l'ordinateur, il fait mieux que moi* », relayant ainsi le pilote à un statut de « surveillant ». Le plan de vol, architecte de la mise en forme du vol, est programmé dans un *Flight Data Processor*, terme et pratique qui nous semblent révélateurs d'une réelle volonté de modélisation du vol en différentes séquences d'activité avec des actions élémentaires correspondant à chaque étape. Cette mise en œuvre d'un process informatisé du plan de vol participe à réduire les territoires d'intervention des pilotes dans le calcul et la mise en action du vol.

« *On est obligé de suivre un papier, que l'on peut programmer. Cet OFP, quand on arrive dans l'avion, on va le programmer dans le FMS : on rentre le numéro de l'OFP (exemple 7321), le plan de vol est dedans. Notre rôle est donc limité* » (Francis, pilote-instructeur d'Air3 – accentué par nous).

« *Avec le plan de vol technique, plus un petit livret spécifique à chaque compagnie, à chaque réseau, de rappel des consignes de navigation et d'autres pour effectuer le vol dans ces zones là, on sait très précisément au départ d'ici [Tahiti] que pour remonter, par exemple, sur Los Angeles, hé bien ça va être Tahiti d'abord avec le code 4 lettres et après au milieu du Pacifique, ça va être contactez Oackland de l'autre côté de la baie de San Francisco et ainsi de suite. Donc ça nous donne le déroulé de nos actions à faire à tel moment et puis voilà, ça déroule comme ça tout simplement* » (Maxime, pilote d'Air2).

A chaque étape du vol, les actions à réaliser sont encadrées par une série de règles qui déterminent les procédures à effectuer, l'ordre des tâches à réaliser (*check list*), le rôle et le statut hiérarchique de chacun des membres de l'équipage, etc. L'ensemble est soumis à une réglementation stricte avec autant de normes à respecter de la part des pilotes, qui sont soumis à des contrôles en vol.

« *Il y a une distribution des tâches, c'est un rituel qui est rodé. On définit un PF [Pilot Flying] et un PNF [Pilot Not Flying] parce que dans la hiérarchie, y'a le commandant de bord et le co-pilote voire 2 co-pilotes mais là dedans, y'a un PF et un PNF qui ont des actions à faire : une répartition des tâches : tu en as un qui met en route et y'en a un qui prend en compte la météo, c'est un rituel qui est standardisé, pas question de le changer. C'est réglementé, contrôlé par les contrôles en vol, les simulateurs, par tout ça et c'est approuvé par l'aviation civile, on fait pas n'importe quoi. Pendant tout le vol, on est obligé de suivre des*

bouquins de répartition des tâches » (Francis, pilote-instructeur d'Air3 – accentué par nous).

Une des règles principales que doivent respecter les pilotes concerne la verbalisation de toutes les actions mises en œuvre et qui seront alors enregistrées dans la « boîte noire » de l'avion ; celle-ci pouvant fournir, le cas échéant, les traces de ces actions. Dès lors, sont ainsi définis l'autorité et l'auteur de chaque action du vol et leurs traces associées ; cela amenant, de fait, la question de la responsabilité (« *Et quand on signe l'OFP, on s'engage* »). Le plan de vol a valeur de contrat entre d'une part les pilotes et leurs compagnies aériennes et d'autre part les pilotes et les services de contrôle qui auront à prendre en charge cet aéronef. Plus le plan est précis et équipé, plus la traçabilité est fine et elle-même équipée, plus alors, ce qui déroge au plan va pouvoir être assigné à un responsable individualisé.

Pour les pilotes, le plan de vol prend la forme d'un « script », d'un « scénario » (Akrich, 1987, 1993b) calculé et organisé par d'autres et qui portent les prescriptions nécessaires pour un vol économiquement « idéal ». A ce qui relevait initialement, pour les pilotes, d'un travail de « pilotage » (au double sens de maîtrise et de conduite, pilotage) du vol, c'est à dire d'un travail de sélection et de traitement des informations nécessaires au calcul de la trajectoire du vol, semble s'être substitué un travail de surveillance de « plans » pré-établis par d'autres, enregistrés dans l'ordinateur de bord et dont la bonne réalisation est contrôlée par le système technique ; plans qui conditionnent la quasi-totalité des actions que devront effectuer les pilotes. La logique sous-jacente des plans est celle d'une possible projection au plus fin de ce que sera l'action.

L'entretien étudié nous donne à voir des décalages entre différents niveaux de plans à l'interstice desquels les pilotes opèrent un travail d'articulation (Strauss, 1992) entre différents systèmes de contraintes. La complexité tient au fait qu'il n'y a pas une organisation mais un emboîtement d'organisation auxquelles les pilotes vont faire face et auxquelles ils doivent rendre des comptes sachant que chacune des instances en présence énonce le caractère incontournable de la réponse à ces contraintes sous cet argument de la qualité-sécurité. Cet emboîtement d'organisations et d'idéaux à atteindre sont devenus des objectifs à tenir sachant que les pilotes doivent hiérarchiser ces contraintes mais sans dire qu'ils les hiérarchisent.

Si l'élaboration et le respect du plan de vol sont des exigences qui se sont développées depuis la période de l'après guerre, elles n'ont cessé de se durcir au fur et à mesure d'une part

de la densification du trafic – nécessitant un respect plus rigoureux de la trajectoire du vol afin de ne pas interférer avec le trafic environnant – et d'autre part, avec l'informatisation toujours plus poussée. A l'aune du numérique et de la détection satellitaire, nous allons voir que le nouveau système technique actuellement déployé vient équiper et durcir un peu plus ces règles ; l'évolution technique tend ainsi à conforter et à renforcer la rationalisation des pratiques de vol par ceux qui en sont les ordonnateurs.

1.1.2. De la trace du vol à la trace de l'action

Dans le domaine aérien, la traçabilité des vols a toujours été considérée comme une exigence requise pour la mise en œuvre d'un contrôle et d'une gestion des vols depuis le sol. Aujourd'hui, cette traçabilité se réactualise et se renforce à l'occasion de l'introduction du système technique AGDL qui favorise une production automatisée de plus en plus poussée des informations pour et sur le vol. Avec cette production automatisée d'informations, semble s'opérer un glissement de ce qui relève d'une nécessaire trace du vol pour les besoins des contrôleurs dans le cadre de leur travail de séparation des aéronefs, à une trace de l'action qui vient conforter et contrôler que le plan initialement pré-défini est respecté (plan dans lequel, comme nous l'avons vu, sont inscrits les éléments prescriptifs de ce que doit être un vol optimum).

De la table de *plotting* aux écrans radars en passant par les informations de vol transmises par les pilotes, l'enjeu consiste, pour les services de la circulation aérienne, à pouvoir identifier et suivre la trajectoire des aéronefs ; et sur cette base, de permettre le calcul des normes de séparations adéquates pour répondre aux objectifs de sécurité règlementaires. Suivre la trace du vol est donc, pour les contrôleurs, une des conditions de faisabilité de leur travail de séparation et de régulation du trafic aérien ; cœur de leur activité. A la détection radar (dont la portée est d'environ 400 kilomètres) se couple aujourd'hui une détection ADS – qui est une des applications du système de transmission air-sol par liaisons de données numériques – et qui permet ainsi de repérer les aéronefs qui sont hors de portée des radars ; comme c'est le cas dans les zones océaniques. Le système ADS utilise les données satellitaires pour géolocaliser l'avion dans l'espace et dans le temps. Ces données sont ensuite interconnectées avec le plan de vol (FDP), ce qui permet de recevoir dans le système sol, des informations concernant la position et la route des vols. Le système ADS permet ainsi le suivi

et l'actualisation du plan de vol en temps réel¹²¹ sur la position de contrôle du contrôleur en charge de l'aéronef (Figure 17). En zone océanique, cet outil de détection permet désormais aux contrôleurs de visualiser de façon très précise les déviations de trajectoires (déviation de l'écart en altitude, de l'écart latéral et de l'écart longitudinal) ; ce qui leur permet de surveiller que les actions de pilotage mises en œuvre par les pilotes sont conformes au plan et aux instructions de contrôle. En cas de déviation du niveau de vol autorisé ou lors d'un écart latéral par rapport à la route définie, les contrôleurs en seront avisés par le déclenchement d'une alarme sur leurs postes de contrôle. Le système ADS prend ainsi la forme d'un système de contrôle automatisé au plus près de l'action en permettant la vérification de la conformité de l'action au plan.

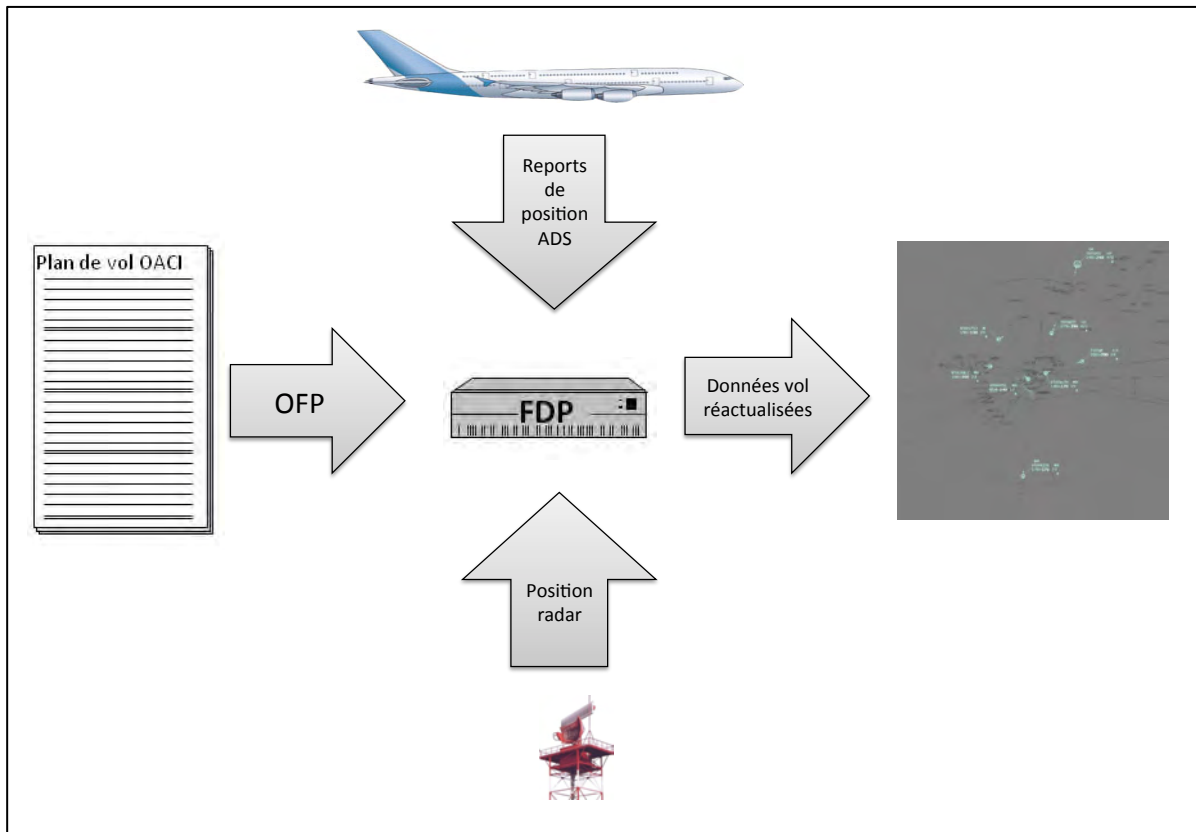


Figure 17 : Dépôt, suivi et actualisation du plan de vol

¹²¹ L'application ADS peut fonctionner sur la base d'un contrat qui est prédéfini (ADS-C). Cela peut être soit un contrat périodique qui établit la fréquence de transmission ADS du bord vers le sol, soit un contrat sur événement qui établit le type d'événement qui doit provoquer un message ADS du bord vers le sol (exemple : lors d'un changement d'altitude) et le contrat sur demande, également appelé « *one shot report* » qui est une demande de report de position ADS à l'initiative du contrôleur afin de mettre à jour la position et l'altitude d'une piste ADS sur l'écran de situation aérienne du contrôleur (avant la mise à jour périodique paramétrée).

Du côté des pilotes, l'ADS leur permet de se soulager d'une charge de travail informationnel qui leur prend beaucoup de temps, à savoir, effectuer aux différents points de passages prévus, des reports de position. Ces reports de position consistent à transmettre aux contrôleurs, un certain nombre d'informations relatives à l'évolution du vol (position de l'aéronef, altitude, vitesse, temps de vol avant le prochain point de report, etc.). Lorsqu'aucun moyen de détection de l'aéronef n'est possible, ces reports de position représentent le seul lien informationnel permettant aux contrôleurs de situer l'avion dans l'espace aérien. Initialement énoncées par les pilotes, par radiotéléphonie, ces informations sont désormais automatiquement transmises du système bord au système sol. Il est ainsi spécifié que « tant que l'ADS est opérationnel, les reports de position aux points prévus, en phonie ou par CPDLC, ne sont plus exigés » (guide d'utilisation TIARE, 2008, p.10). Une composante intrinsèque du travail d'information des pilotes est ainsi transférée à la « machine » ; ce transfert de l'activité de ce qui était auparavant énoncé par le pilote auprès des contrôleurs et qui est aujourd'hui automatisé, est vécu comme un soulagement significatif par les pilotes. Soulagement particulièrement conséquent pour les pilotes effectuant des vols transocéaniques pour lesquels la transmission de ces informations s'effectuait par HF ; ce qui nécessitait parfois de répéter à plusieurs reprises les messages, sans garantie d'être entendu.

« C'est un bond énorme pour moi en aéronautique. C'est pour faciliter les transmissions entre l'avion et le sol ; savoir exactement où il est en cas de panne ; voir la moindre déviation. Au niveau de la sécurité, c'est quand même mieux. Et puis surtout, pour nous côté pilote, c'est très pénible la HF. La HF moi je l'ai fait sans SelCall¹²² : “dakar dakar”, c'est à celui qui gueule le plus fort pendant des heures, c'est épuisant. C'est une charge de travail en moins (...) » (Francis, pilote-instructeur d'Air3).

Les pilotes rencontrés dans le cadre de notre étude s'accordent tous pour dire que l'ADS a permis de soulager à la fois la charge de travail informationnel lié aux reports de position et le temps requis pour effectuer ces reports. Par ailleurs, lorsque le pilote nous confie « *qu'au niveau de la sécurité, c'est quand même mieux* », cela nous semble traduire une autre forme de soulagement qui s'apparente davantage à un sentiment de sécurité animé par un resserrement du lien entre le bord et le sol. En effet, outre les épisodes d'interaction entre les pilotes et les contrôleurs, les pilotes se rassurent à l'idée qu'en cas de problème ou de panne,

¹²² *Selective Calling System* : système d'alerte qui permet aux contrôleurs de prévenir les pilotes qu'un échange radio est requis.

les contrôleurs peuvent avoir un accès immédiat à une partie des informations de vol ; informations qui leur permettent de situer l'avion dans l'espace aérien et, le cas échéant, d'alerter les services d'aide et/ou de secours. Et *vice versa*, les contrôleurs peuvent, au moindre doute sur le positionnement de l'aéronef sur leur écran de situation aérienne, actualiser l'information de position en envoyant un report à la demande (*one shot report*). Un contrôleur aérien nous faisait ainsi part du fait que, dans le tragique accident du vol AF 447 entre Rio de Janeiro et Paris, la détection ADS, qui était initialement prévue dans cette région, aurait fourni bien plus tôt aux contrôleurs les signes d'une situation inhabituelle (bien que cela n'aurait probablement pas participé à changer le déroulement des événements en cours, le système aurait peut être fourni des indications d'alerte de niveaux et aurait alors certainement indiqué le lieu exact de la perte de contact). Nul doute que le système ADS participe de la sécurité des vols en enrichissant les traces informationnelles à partir desquelles et sur lesquelles prennent appui les pilotes et plus spécifiquement encore, les contrôleurs, dans la réalisation de leurs tâches.

Bien que les pilotes reconnaissent au système ADS la capacité d'équiper leur activité de vol, et plus encore leur activité communicationnelle, de façon à soulager certaines tensions, une nouvelle tension émerge ; elle a trait à un durcissement des règles équipées par le système technique et qui vient bousculer la pratique de vol des pilotes.

« Par contre, on est un peu trop fliqué, on peut plus rien faire. On dépasse 5 nautiques, ça y est il faut demander l'autorisation » (Francis, pilote-instructeur d'Air3).

La tension qui émerge ici provient du fait que le système technique informationnel est à la fois un support de l'action et un moyen de la contrôler. Il imbrique deux ordres d'activité (Mayère et al., 2012) qui soutiennent autant qu'ils limitent la pratique du vol. Tout autant qu'il permet une boucle de sécurité supplémentaire, il fournit les éléments du suivi gestionnaire du vol. En effet, le système ADS vient équiper et renforcer la règle qui est que dans un espace contrôlé les pilotes sont tenus d'une part de se conformer au plan de vol pré-établi et d'autre part, le cas échéant, de demander aux contrôleurs l'autorisation de changer, de dévier de leur route.

« Avant quand on était en HF, un évitement météo, on passait 5 minutes à demander au contrôle de faire un évitement de 15 nautiques à droite ou à gauche mais s'il nous manque 3 nautiques... nous on en a besoin tout de suite, du coup on commençait à aller chercher ces 3 nautiques supplémentaires et après on allait à

la radio mais on était déjà partis. Avec le CPDLC (et l'ADS), bon maintenant le temps de réponse a été raccourci. Et le fait d'être suivi on a quand même moins envie de le faire et on reste beaucoup plus sur notre route. Et puis c'est comme un radar quand on conduit en voiture : le 'pas vu pas pris' n'existe plus » (François, pilote d'Air1 – accentué par nous).

Avant l'introduction du système ADS et CPDLC, les demandes de changement de route, de déviations, s'effectuaient en radiotéléphonie HF ; ce qui pouvait, compte tenu de la qualité de la fréquence, prendre un certain temps. Le pilote nous raconte ainsi comment face à une situation qui nécessite, pour atteindre l'objectif qualité/sécurité du vol, de dévier de la route initiale, l'action de déviation s'effectue alors même qu'ils n'ont pas forcément encore reçu l'autorisation du contrôle (« *mais on était déjà partis* »). Avec le système de transmission des messages CPDLC, le pilote souligne que certes, le temps de réponse a été raccourci – c'est à dire que le canal de transmission est disponible tout de suite, ce qui peut permettre effectivement, dans le temps imparti pour effectuer l'action requise, de pouvoir demander l'autorisation de la faire – mais que néanmoins, les pilotes se sentent soumis à des obligations qu'ils estiment beaucoup trop limitées à un strict respect de ces règles alors même que le débordement du cadre participe de la réussite du vol (« *nous on en a besoin tout de suite* »).

Le système ADS permet ainsi de rendre visible certains éléments du cadre normatif ; en redessinant les contours de la règle, il réassigne chacun des acteurs dans leur domaine d'intervention tout en participant à mettre sous tension l'activité des pilotes qui font état d'une réduction de leur marge de manœuvre dans la réalisation du vol. Cette mise en visibilité très précise des actions des pilotes rend accessibles les éléments participant au suivi gestionnaire du vol. Ce suivi s'effectue à deux niveaux : il concerne d'une part, le suivi du vol en temps réel par les contrôleurs qui peuvent déclarer, le cas échéant, les infractions que pourraient commettre les pilotes, et d'autre part, le suivi du vol, par la compagnie aérienne concernant des éléments de gestion technique et commerciale (notamment la consommation de carburant). En effet, le système ADS ne se limite pas seulement à une connexion du système bord au système sol des contrôleurs. Un avion peut avoir cinq connexions simultanément : la priorité est donnée à la *Current Data Authority* (centre en charge de l'aéronef et qui a autorité sur lui), puis à la *Next Data Authority* (prochain centre qui sera en charge de l'aéronef) puis aux centres de contrôles adjacents nécessitant une surveillance à proximité de leur espace, et enfin aux « opérations » de la compagnie. Les données issues de l'ADS peuvent ainsi être exploitées par les compagnies aériennes soit en temps immédiat (réajustement du plan de vol),

soit lors du dépouillement de ces données, ce qui leur permet un suivi gestionnaire beaucoup plus précis.

« Les premiers qui se sont fait avoir avec ce système là, c'est des gens de chez nous entre Tokyo et Nouméa en se disant “bon allez, on a un nuage devant, on fait un écart de 3-4 nautiques et puis ça va comme ça ! Sauf qu'il y avait des reports qui arrivaient à Roissy chez nous en disant après « vous pouvez expliquer ? ” Avec l'ADS maintenant on le sait, même pour un écart de quelques nautiques, il faut le signaler. Ça nous a tous un peu perturbé, on a l'œil de Moscou maintenant » (Maxime, pilote d'Air2 – accentué par nous).

Dans le contexte actuel de densification du trafic aérien couplé à une logique de rentabilisation du transport aérien et à une montée en puissance des questions de responsabilité, la mise en œuvre du suivi des vols s'est ainsi réactualisée et s'est équipée d'un système technique à même de rendre visibles les clés de détection des infractions au contrat.

« Le coup de dire j'évite le petit nuage et après je reviens sur notre route, c'est fini ça. Il y a rupture du contrat, augmentation des interrogations surtout pour la compagnie » (François, pilote d'Air1).

Notre hypothèse d'analyse est que les systèmes techniques actuellement déployés viennent soutenir l'application du « plan », ils équipent la règle et cadre les pratiques de façon beaucoup plus fine et impérative qu'auparavant. On assiste à une montée en puissance du « plan » pour répondre aux objectifs de plus en plus forts de contrôle (au sens de vérification) et de pilotage (au sens de maîtrise) ; dynamique qui reflète également l'imaginaire d'un espace aérien sous contrôle, où chaque mouvement d'aéronef pourrait être anticipé, planifié, tracé.

« C'est vrai qu'il y a un espèce de rêve d'un intranet mondial dans lequel chaque avion serait connecté au système, transmettant en permanence, grâce à des moyens de localisation satellite, sa position. Toutes ces informations seraient “computées” par des ordinateurs centraux au sol et seraient renvoyées vers les avions qui eux-mêmes auraient une capacité de calcul pour eux mêmes arriver à fabriquer les évitements » (extrait du documentaire « le ciel sous contrôle », en ligne, 2012)¹²³.

¹²³ <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Le-ciel-sous-contrôle.html>, consulté en janvier 2013.

Ce rêve d'un « ciel autonome » que l'informatique viendrait renouveler porte une conception très formatée de ce que doit être la pratique de vol conforme et s'articule, dans la conception du système technique, à une « vision essentialiste » de ce qu'est l'information et sa production (Feenberg, 2004). A cela s'articule également une approche essentialiste de ce que doit être la communication nécessaire pour assurer la coordination et l'organisation des vols. La mise en plan de la pratique du vol s'accompagne d'une mise en architecte de plus en plus rigide de la production d'information et de situations de communications circonscrites autant que possible à des échanges de données informatisés.

En formalisant et en équipant ainsi les activités de travail et les activités de production d'information et de communication des pilotes et des contrôleurs, l'enjeu consiste à tenter de rendre prévisible le difficilement prévisible dans un environnement soumis, de fait, et en raison même de la densification du trafic, aux aléas et aux imprévus. La mise sous tension prend forme lorsque l'on tend de plus en plus les critères de performance économique, de rentabilisation du transport aérien – quand, notamment, on réduit les distances entre les aéronefs pour faire passer plus de trafic – on rend l'imprévisible plus probable.

1.2. Mise en écran et combinaison d'architectes

En suivant la démarche proposée par Cécile Tardy, Yves Jeanneret et Julien Hamard (2007), nous proposons de caractériser les fonctionnalités des architectes avec et dans lesquels pilotes et contrôleurs échangent afin de saisir le modèle de la communication qui y est proposé : quelles formes d'échanges les architectes imposent à la communication, comment ces formats sont vécus, interprétés, instrumentalisés par les sujets ? (*ibid.*, p141).

1.2.1. Une communication architectuée

Très tôt, dans la relation pilotes-contrôleurs, pour des raisons de compréhensions linguistiques internationales, des protocoles d'échanges fortement réglementés ont été instaurés afin, idéalement, de réduire le risque d'incompréhension ou de mauvaise interprétation des messages de la circulation aérienne. Le tour d'horizon des protocoles associés à la transmission des messages, que nous avons présentés dans le chapitre 1, nous renseigne sur le caractère hautement procéduralisé de cet architecte langagier ; la phraséologie aéronautique concerne tout à la fois les règles de composition et de transmission des messages, l'ordre de priorité de ces messages, les règles relatives aux *clearances*, les codes d'épellation des lettres et de transmissions des nombres, les procédures concernant les messages de détresse et d'urgence, les expressions conventionnelles à utiliser, etc. Autant de

messages standards et prédéterminés supposés effacer les réminiscences de langue et de culture, et limiter les interprétations associées à l'environnement et aux objectifs immédiats sous tensions (maintenir une trajectoire optimum et sécurisée du vol pour les pilotes ; maintenir la sécurité d'un ensemble d'aéronefs pour les contrôleurs). *L'arrêté relatif aux procédures de radiotéléphonie à l'usage de la circulation aérienne générale* (2006) précise ainsi que « lors des échanges radiotéléphoniques entre contrôleurs et pilotes, la plus grande discipline est observée » (p.11), ceux-ci doivent « respecter les procédures de radiotéléphonie et, dans la mesure du possible, utiliser des expressions conventionnelles et une phraséologie normalisée » (*ibid.*). Cette organisation de la structure de la communication prend part à la dynamique de rationalisation des activités mise en œuvre par les acteurs du système d'activité de la navigation aérienne ; dynamique fondée sur une démarche qui consiste à sans cesse :

- recenser les situations susceptibles de se produire (variété des pannes à bord, situations orageuses, conflits entre aéronefs en évolution, etc.),
- concevoir des plans qui les intègrent,
- et formaliser les échanges auxquels elles pourraient donner lieu.

L'architecte langagier s'inscrit dans cette visée en fournissant des catégories et des sous-catégories d'interactions, avec des phrases-types supposées correspondre à des actions-types. Dans un contexte chargé d'enjeux économiques et sécuritaires, où les situations fortuites n'ont plus leur place, les éléments de discipline et de cadrage de cette activité communicationnelle tendent à toujours plus de précision, de formalisation et de planification à même de répondre à ces objectifs de qualité/sécurité totale et de maîtrise des risques. Cette poursuite incessante vers l'horizon idéal d'un « risque zéro » s'accompagne aujourd'hui de la mise en œuvre d'un système technique qui favorise une production automatisée d'information et une communication sous architecte informatisé. En effet, à l'architecte langagier qu'est la phraséologie, s'ajoute aujourd'hui un architecte informatisé qu'est l'application CPDLC. Celle-ci se présente sous la forme d'une boîte de dialogue contenant un répertoire de messages pré-formatés dans lequel pilotes et contrôleurs puisent les éléments nécessaires pour communiquer. L'espace de communication dédié à la transmission des messages de la circulation aérienne est ainsi encapsulé dans un architecte informatisé qui tend à délimiter de façon beaucoup plus rigide le cadre dans lequel pilotes et contrôleurs doivent communiquer. L'architecte CPDLC participe à matérialiser les règles associées à la transmission des messages d'autorisation, d'information, de demande qui correspondent aux expressions conventionnelles utilisées en radiotéléphonie. Ce faisant, il contribue à leur durcissement.

Le raisonnement est celui d'une modélisation du processus de communication comme autant de listes, d'items, pré-définis à partir desquels il n'y aurait plus qu'à « sélectionner » le « bon » message et où la question de la compréhension relèverait d'une évidence.

Le nouvel espace d'échange que permet le CPDLC prend la forme d'un « écrit d'écran » (Jeanneret et Souchier, 1999) qui nécessite, si l'on veut comprendre « ce en quoi il peut donner matière à « action » de la part du lecteur » (*ibid.*, p.98), de décrire la façon dont est mis en forme le texte. L'interface dédiée aux messages CPDLC ne se présente pas sous la même forme pour les pilotes et les contrôleurs ; néanmoins les principes associés à la transmission des messages sont identiques. Après avoir présenté les fonctionnalités générales de l'application CPDLC, nous proposons d'explorer l'architecte CPDLC tel qu'il est mis en écran sur l'ordinateur de contrôle des contrôleurs. Nous spécifierons par la suite les quelques différences ergonomiques générales qui existent avec l'interface pilote ; sachant que selon le type d'avions (A320, Boeing 777, etc.) l'interface ne sera pas forcément la même.

De manière générale, les fonctionnalités de l'application CPDLC visent :

- à fournir un répertoire d'items à partir desquels les pilotes et les contrôleurs pourront sélectionner les éléments nécessaires pour la constitution des messages ;
- à fournir une organisation temporelle de ces messages au travers d'un classement de ceux-ci sous forme de listes/dialogues, organisés eux-mêmes dans des « fenêtres » dédiées à l'« état » du dialogue (« ouvert » ou « clos »).

Les dialogues sont composés de messages « montants » (*uplink*) c'est à dire ceux qui sont émis par les contrôleurs, à destination des pilotes et de messages descendants (*downlink*) qui eux sont émis en sens inverse, des pilotes vers les contrôleurs. Les pilotes et les contrôleurs peuvent composer les messages CPDLC sur la base de deux formats : soit en utilisant les éléments de messages pré-formatés (qui sont inscrits dans l'application et proposés sous forme de catégories), soit en composant des messages en texte libre (*freetext*) depuis un espace dédié.

Un dialogue CPDLC est un ensemble de messages qui sont liés entre eux et qui correspondent aux échanges entre pilotes et contrôleurs. Les messages constituant le dialogue sont classés par ordre chronologique. Ces dialogues CPDLC peuvent être soit « ouverts », soit « fermé ». Lorsqu'au moins un des messages du dialogue est « en cours », c'est à dire qu'une réponse ou un accusé de réception est attendu, le dialogue est dit « ouvert ». Il ne sera considéré comme « fermé » que lorsque que la totalité des messages du dialogue seront transmis.

Un message CPDLC est constitué d'un ensemble d'éléments prédéfinis qui s'organisent sous formes de listes. Ces éléments sont constitués sur la base de la phraséologie aéronautique (dont certains éléments ont été adaptés au style écrit au gré des problèmes rencontrés). Ces éléments sont répartis en un certain nombre de « classes », de catégories dans la « fenêtre » d'édition d'un message CPDLC. Il existe 15 classes côté contrôleurs et 11 classes côté pilotes (guide TIARE, 2008, pp.XI-XIII)¹²⁴.

Sur l'écran des contrôleurs, les messages apparaissent dans trois types de « fenêtres » en fonction de leurs caractéristiques : la fenêtre d'édition (*CPDLC Editor Window*), la fenêtre des messages courants (*CPDLC Current Message Window*) et la fenêtre historique (*CPDLC Message History Window*).

La fenêtre d'édition est dédiée à la formulation des messages CPDLC. Elle se présente comme sur la capture d'écran ci-dessous (Figure 18).

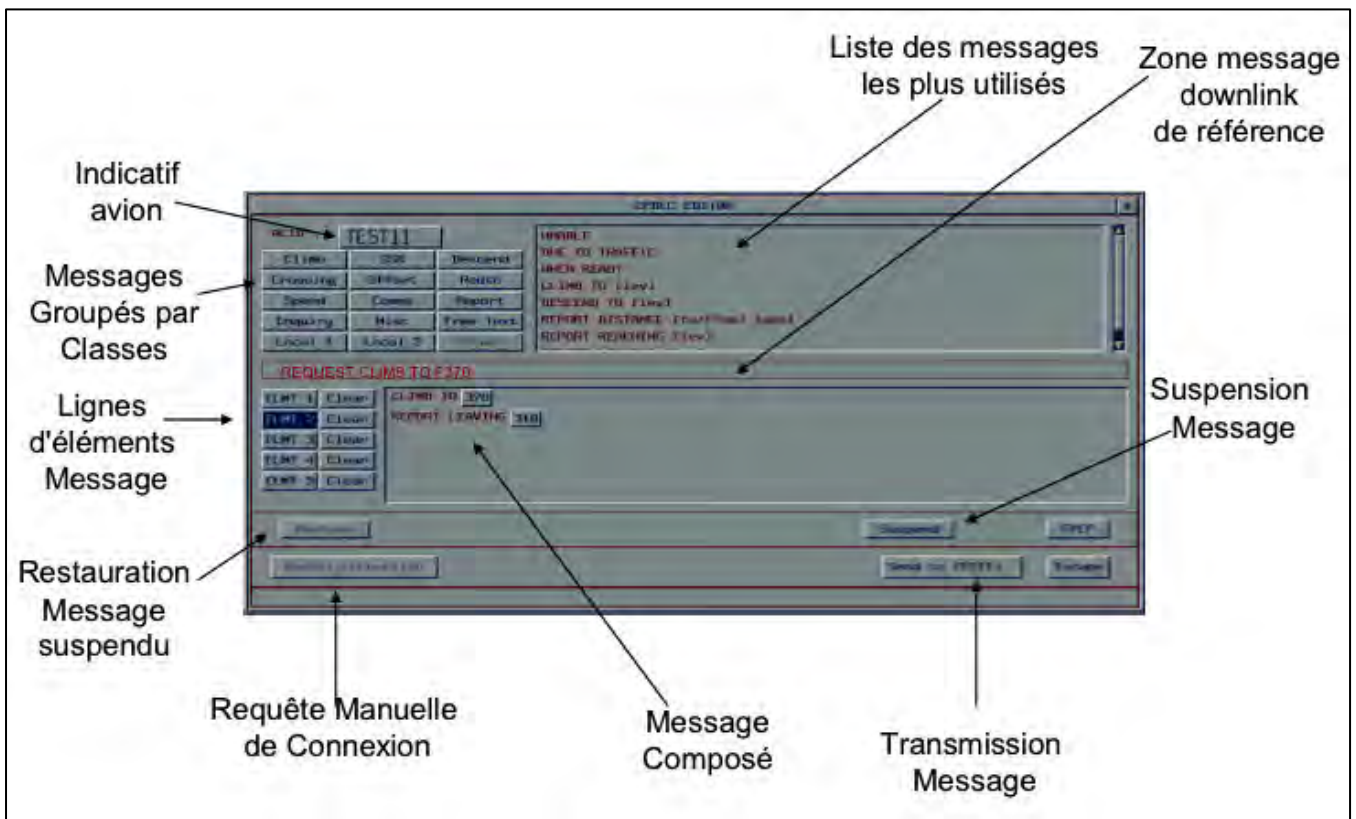


Figure 18 : Fenêtre d'édition d'un message CPDLC – côté contrôleurs

¹²⁴ Voir Annexe 5 p.XXVIII.

Il est à noter que le système CPDLC a été originellement créé par la société Boeing afin de soulager les pilotes de l'écoute des fréquences HF. Une fois les premiers avions livrés équipés et livrés avec ce système, il n'était plus possible de modifier les dispositifs embarqués. Aussi, des ajustements informatiques ont-ils été nécessaires afin de se rapprocher des recommandations postérieures OACI et de respecter les nouvelles nomenclatures réglementaires liées aux messages écrits.

Dans un message CPDLC, il doit être sélectionné au minimum un élément et au maximum cinq éléments ; cela est fonction du nombre de variables qui composent le message (exemple : 1^{er} élément = montez niveau 350 ; 2^{ème} élément = à telle heure).

Lorsqu'un message est émis, le système propose au destinataire, par analogie de mots, un menu associé (par exemple à une demande de niveau est associé un menu contenant les éléments « montez », descendez », « maintenez », « taux de montée », etc.). Lorsque par exemple, le pilote envoie une demande pour un changement d'altitude, le système recopie les valeurs proposées dans son message (dans Figure 18 ci-dessus, « request climb to F370»), dans les champs de variable correspondant du message de réponse du contrôleur (dans Figure 18 ci-dessus, élément 1 = « climb to 370 ») ; celui-ci pouvant alors soit les conserver si la demande est acceptée, soit, les modifier lors de la composition de son message-réponse.

Lorsqu'un dialogue CPDLC est clos, il est automatiquement transféré dans la fenêtre historique (selon un temps pré-programmé qui est actuellement de l'ordre de 60 secondes dans le système étudié).

La fenêtre des messages courants (Figure 19) répertorie les messages du dialogue « en cours » qui ont été envoyés et qui n'ont pas encore été transférés dans la fenêtre historique. A ces messages sont associés des couleurs spécifiques en fonction de leur « état » : la couleur verte est utilisée pour les messages descendant ; la couleur bleue est utilisée pour les messages montants ; la couleur rouge est utilisée pour les messages d'urgence (*emergency*) ; les messages en attente d'une réponse sont présentés en « vidéo inversé » et les messages validés sont présentés sur fond orange clair (tels que ceux présentés ci-dessous).

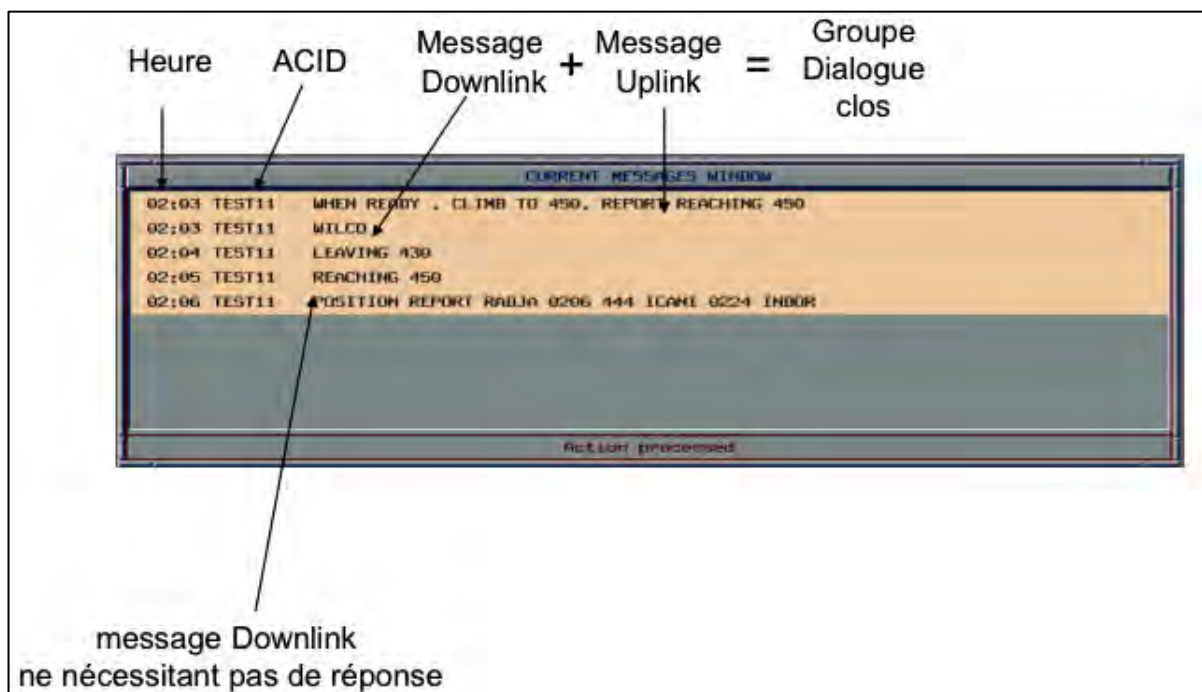


Figure 19 : Fenêtre des messages courants – côté contrôleurs

Sur les deux écrans (configurés en « *dual screen* » – Figure 20 ci-dessous) qui composent l'interface, ces fenêtres n'occupent qu'une place moyenne que les contrôleurs peuvent agencer à leur gré. Sur l'écran de gauche est représentée la carte de la situation aérienne. Sur cette carte, sont représentées les positions des aéronefs qui évoluent dans la FIR concernée ainsi que l'extrapolation de leurs trajectoires : les « pistes »¹²⁵ (qui sont calculées à partir des données issues du radar, de l'ADS, et les informations renseignées par les contrôleurs). Sur l'écran de droite, sont généralement laissées ouvertes les fenêtres de strips ainsi que la fenêtre des messages courants. Néanmoins, ces fenêtres peuvent être placées en superposition de la carte de situation aérienne (écran de gauche).

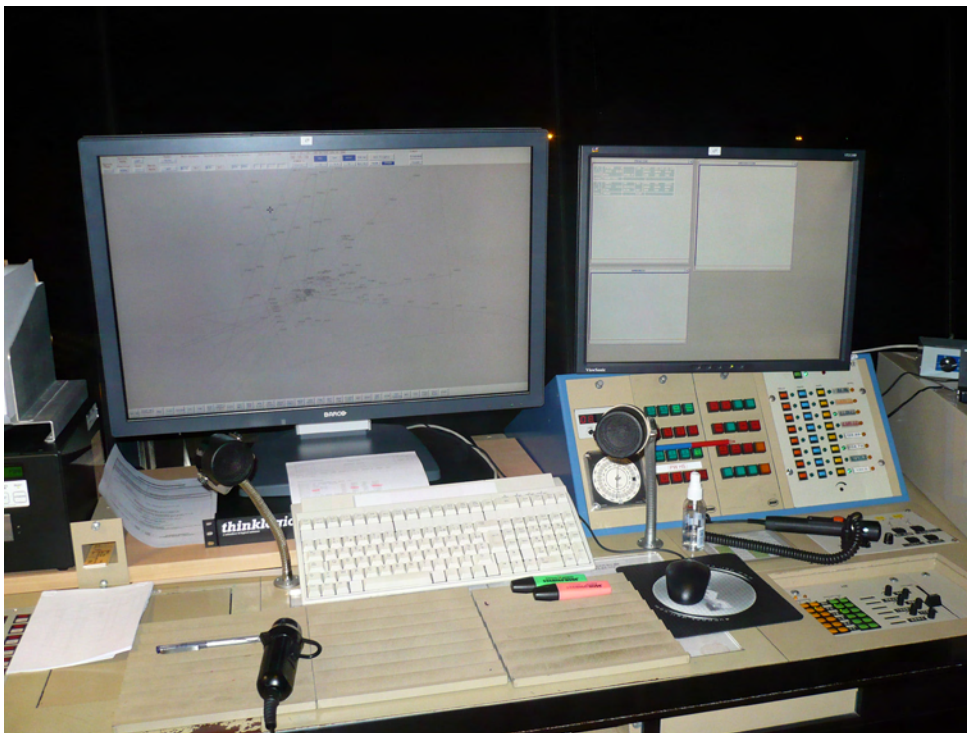


Figure 20 : Poste de travail des contrôleurs

La capture d'écran ci-dessous (Figure 21) représente l'écran de situation aérienne sur lequel apparaissent la fenêtre de strip « *preactive* » (contient les strips des vols qui sont programmés selon le plan de vol déposé), la fenêtre d'édition des messages CPDLC, la fenêtre des messages courants et la fenêtre de connexion ADS (fenêtre qui indique au

¹²⁵ Il existe trois types de « pistes » : les « pistes radars » (signifie que la détection de l'aéronef s'effectue via le radar), les « pistes ADS » (lorsque la détection se fait en ADS) et « les pistes plan de vol » (qui indique que les informations obtenues s'effectuent par extrapolation des données ADS durant les 14 minutes qui séparent l'envoi des données ADS).

contrôleur si l'avion est en connexion ADS, et qui lui permet de gérer les paramètres de connexion).

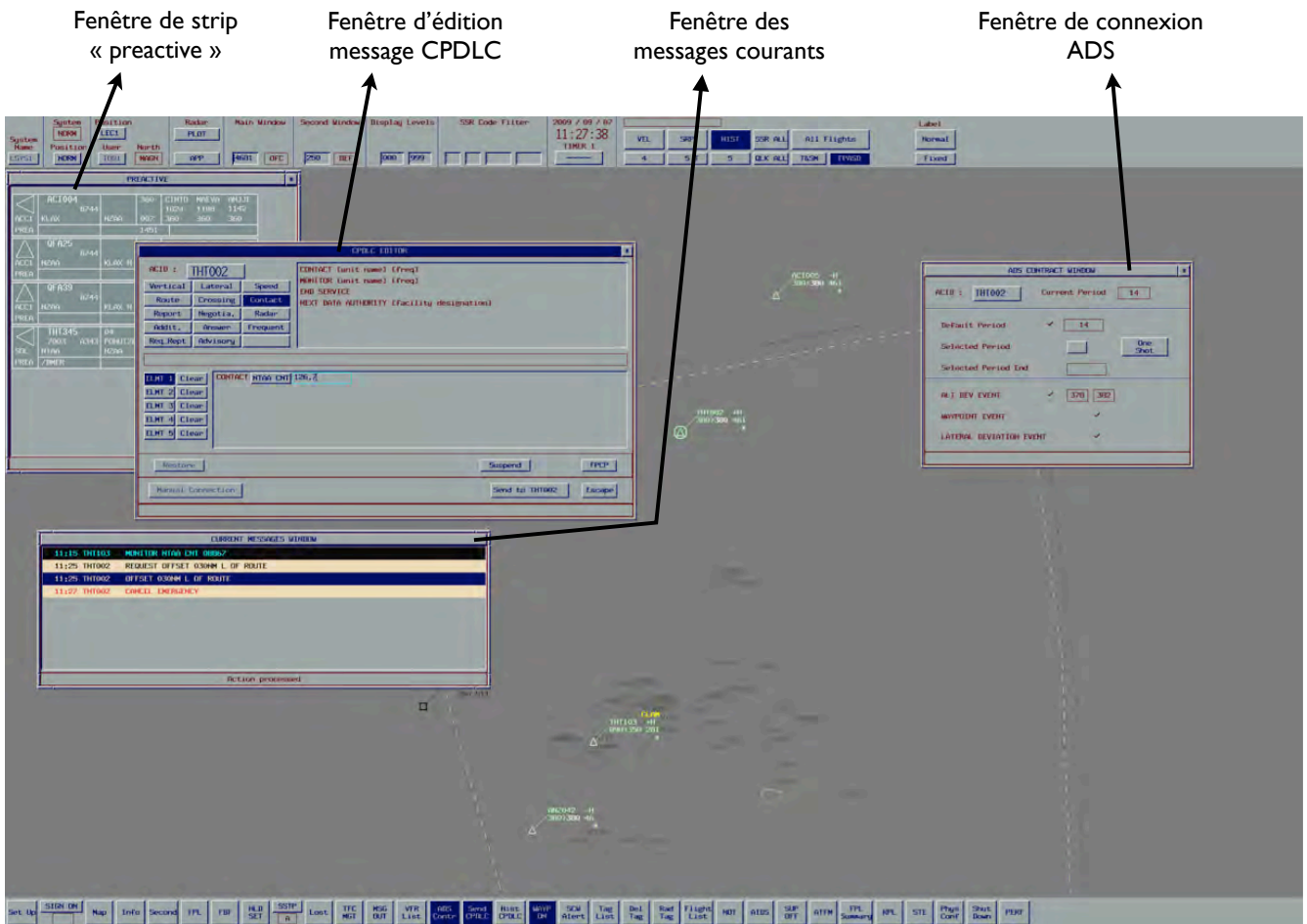


Figure 21 : Ecran de situation aérienne (contrôleurs)¹²⁶

Nous allons maintenant voir comment se présente l'interface du système du côté des pilotes. Pour ce qui a trait à l'écran dédié aux messages CPDLC, celui-ci est beaucoup plus petit ; il se présente comme sur la Figure 22, p.213.

Sur la photo de gauche, qui concerne en l'occurrence un Boeing 777¹²⁷ (occasion de nos observations), est représenté le menu général pour la composition des messages CPDLC où sont accessibles les différentes « classes » de messages. Pour composer un message, les pilotes doivent sélectionner la « classe » correspondant au type de message voulu (photo de

¹²⁶ Disponible en plus grande taille en Annexe 7, p. XL

¹²⁷ Les interfaces sont en partie spécifiques aux constructeurs.

gauche) afin d'accéder à la « fenêtre » de composition du message (photo de droite). Dans l'exemple ci-dessous, la photo de gauche indique que le pilote souhaite demander un changement d'altitude (« *altitude request* ») ; en fonction de la « classe » sélectionnée, l'objet du message sera automatiquement inscrit (en haut de l'écran sur la photo de droite). Le pilote aura alors ensuite à renseigner les différents champs en fonction de l'altitude demandée. Les messages envoyés seront sauvegardés et pourront être imprimés si besoin.



Figure 22 : Interface pilotes pour la composition des messages CPDLC

L'écran dédié aux messages CPDLC se situe au centre du poste de pilotage (Figure 23), de façon à ce que les deux pilotes puissent y avoir accès. La composition des messages s'effectue par l'intermédiaire de deux claviers identiques (un pour chacun des pilotes).

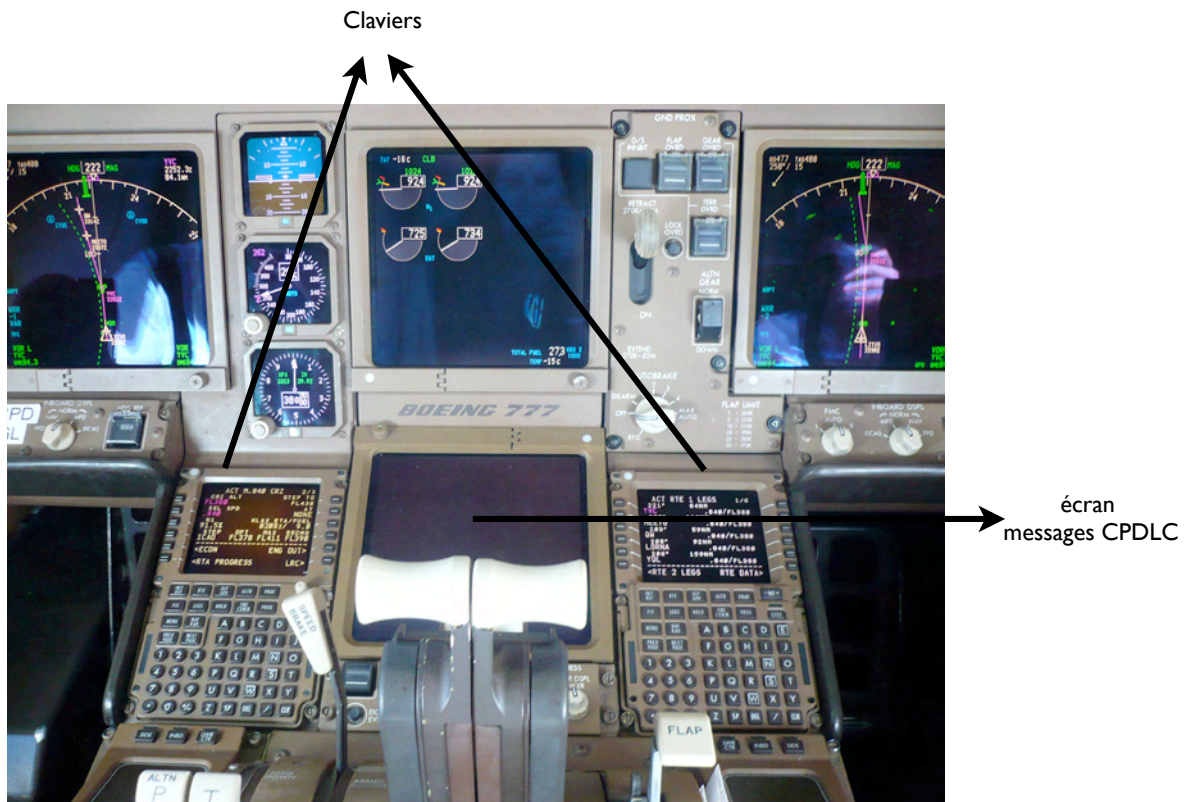


Figure 23 : Ecrans de bord des pilotes

En décrivant ainsi les propriétés matérielles du système technique AGDL, on constate la place grandissante qui est accordée à cette mise en écrit (d'écran) dans les activités de pilotage et de contrôle. Pour les pilotes et les contrôleurs qui ont jusqu'alors échangé en mode oral, le défi consiste à s'approprier et à se construire des pratiques d'écriture et de lecture adaptées à l'action, dans le fil de l'action.

1.2.2. Du strip papier au strip numérique

Du côté des contrôleurs, le processus d'informatisation s'accompagne du passage du strip papier au strip numérique. Comme nous l'avons évoqué lors du chapitre 1, le strip, initialement petite bande de papier, est issu directement des éléments contenus dans le plan de vol déposé préalablement par la compagnie aérienne auprès des services de contrôle concernés. Il est un des outils de travail essentiel des contrôleurs qui se servent de cette « bande de progression » pour suivre et garder en mémoire les éléments du vol évolutifs qu'ils ont initiés, approuvés ou constatés. Au fur et à mesure de la progression des vols dans un secteur de contrôle les contrôleurs annotent les strips et les organisent dans un tableau de strips. Voici, ci-dessous (Figure 24) une photo d'un strip papier ; nous détaillerons les éléments de ce strip dans la deuxième partie de ce chapitre.

AFRO71				03-45 TPH	EMIRI	RAN	ROBKO	RUTAK	REVRO	WIBIG	TT
B744	520	NTAA	KLAX		0205	0223	0302	0340	0418	0446	05
H		0156	350	350	01			42	21	49	01
AFCR		FGITE	0155	0148							03

Figure 24 : Représentation d'un strip papier¹²⁸

Les contrôleurs revendiquent le rôle et la nécessité de cet outil qui est pourtant destiné à être éliminé selon les projets d'informatisation, du moins sous sa forme papier. Les informations contenues sur le strip papier sont désormais mises en écran au travers du strip numérique, pour autant qu'elles aient fait l'objet d'une saisie ou d'un enregistrement numérique. Ce strip numérique contient 1) les informations issues du plan de vol initial, 2) les informations issues de l'ADS et qui permettent de réactualiser automatiquement les strips numériques ainsi que les « pistes » de vol (traits matérialisant les trajectoires du vol sur l'écran de situation aérienne des contrôleurs) et 3) les informations issues des échanges (CPDLC et/ou radio) entre pilotes et contrôleurs (telles que les *clearances* émises par les

¹²⁸ Extrait d'un document professionnel récupéré à l'occasion de nos investigations de terrain.

contrôleurs et/ou les demandes de changements de niveaux, de routes, etc., formulées par les pilotes – et autorisées par les contrôleurs) et que les contrôleurs doivent renseigner manuellement sur les strips numériques (cela, afin d'éviter que les alarmes de déviations de routes ne se déclenchent lorsque, par exemple, les informations ADS ne correspondent pas aux manœuvres effectuées par le pilote, lequel est en fait en train de donner suite à une *clearance* du contrôleur).

Les strips numériques sont organisés dans différentes « fenêtres » selon l'« état » des vols : préactifs, annoncés et sous juridiction.

❖ La fenêtre « proactive »

PREACTIVE						
△	ACI004 .		360	CINTO	MAEVA	ANJJE
ACC1	B744			1024	1108	1142
PREA	KLAX	NZAA	007	360	360	360
			1451			
△	QFA39 .		350	OMKUN	BIBUP	MEVEP
ACC1	B744			0929	1103	1125
PREA	NZAA	KLAX N		350	350	350
△	THT345	04	360	NTAA	TAF	PONUJ
SOL	7003 A343	PONUJ2E		1100	1100	1110
PREA	NTAA	NZAA	007	360	360	360
	/BMER		1221			

Figure 25 : Capture d'écran de la fenêtre « proactive »

Les strips contenus dans la fenêtre de strips « proactive » concernent les vols qui sont attendus d'après les plans de vol déposés mais sans que ceux-ci n'aient encore faits l'objet d'une coordination, d'une autorisation de contrôle ou d'une acceptation par le secteur concerné.

Dans la capture d'écran ci-dessus, a été demandé initialement dans le plan de vol, le niveau de vol 350 (cercle rouge) mais rien n'a depuis été effectivement redemandé (cercle orange : ni le niveau de vol 350, ni un autre). En entouré bleu, le secteur concerné pour le premier contact ou la première délivrance d'autorisation (ACC1 correspond au secteur supérieur « en route »).

❖ Les fenêtres « announced » et « jurisdiction »

JURISDICTION										ANNOUNCED										
▶	FOIQK	X	04	170	ONURI	IDUTA	A18				◀	VTA488G	X		140	VAITE	HHN	BB		
ACC3	7201	BE20	IDUTA3V	170	1108	1129	1139				APP	2254	AT72		140	1120	1136	1148		
NTTR	1100	NTAA	N		111	111	111			CONT	NTM	1108	NTTB	N		113	113	113		
CONT				170							CONT	/HJK			140					
▶	VTA321F	X		140	NTTR						▶	VTA542F		170	SID4	IKELO	RAN			
ACC3	2005	AT72		060	1122						APP	3366	AT43	IKELO3E	170	1111	1125	1159		
NTAA	1041	NTTR	N		140					CONT	NTAA	1105	NTTG	N		170	170	170		
CONT	/HJDP			000							CONT	/BDYP			149					
▶	VTA422N	X	04	150	RU	IDUTA	A18				▶	VTA931J	X		190	BENKO	18	148	19	14
ACC3	2004	AT72	IDUTA3V	150	1108	1127	1134				APP	5512	AT43		190	1120	1133	1158		
NTTB	1100	NTAA	N		121	121	121			CONT	NTAA	1101	NTGJ	N		190	190	190		
CONT	/PRJL			150							CONT	/BDAP			185					
▶	YEARLIA	X	04	150	IDUTA	A18	RD220													
ACC3	5555	FA20	IDUTA3V	190	1121	1128	1130													
NTTB	1107	NTAA	N		150	150	150													
CONT	/PRJL			190																

Figure 26 : Captures d'écran des fenêtres de strips « announced » et « jurisdiction »

Les strips contenus dans la fenêtre « announced » concernent les vols qui sont pris en compte dans le trafic mais qui n'ont pas encore décollé ou qui ne sont pas encore dans le secteur concerné. Néanmoins, ces vols sont coordonnés et intégrés dans le schéma organisationnel du contrôleur en charge de ces aéronefs. Dans la capture d'écran ci-dessus (capture d'écran de droite), le niveau de vol 140 demandé dans le plan de vol initial a été accepté par le contrôleur.

La fenêtre des strips « jurisdiction » concerne les vols qui sont sous la juridiction du secteur concerné et auxquelles les contrôleurs peuvent donner des clairances. Dans la capture d'écran ci-dessus (capture d'écran de gauche), le niveau de vol 140 demandé initialement n'a pas été autorisé ; le niveau de vol attribué est 060.

Ainsi mis en écran et interconnecté avec l'ensemble du système technique, les strips numériques vont permettre de corréler différentes informations relatives au vol avec les données issues des détections satellitaire. Cela va permettre afin de vérifier la conformité du vol aux instructions de contrôle.

1.2.3. Primat d'un format de listes

A la conception techniciste du développement des dispositifs d'information et de communication – comme relevant d'un simple échange de données – s'articule le postulat selon lequel le facteur d'erreur est humain. Comme nous l'avons souligné dans le chapitre 2,

la notion de « facteur humain » et/ou « d'erreur humaine », est très présente dans le milieu aéronautique. Elle participe, notamment pour ce qui a trait à l'activité communicationnelle, de cette méfiance généralisée à l'égard de tout espace de construction autonome de sens. Dès lors l'enjeu consiste à réduire et à délimiter, tout espace de (co)construction de sens dans la mesure où ce sens devrait pouvoir être directement inscrit dans le message et où l'obtention du message aurait valeur de prise en compte. Dans les récentes études menées par Anne Mayère, Isabelle Bazet et Angélique Roux (2012) sur l'informatisation du dossier de soins dans un établissement de santé, celles-ci précisent que cette délimitation du travail de l'information – associée, dans le contexte hospitalier, à la prescription du « zéro papier » – relève d'un « idéal de la saisie unique [qui] fait de longue date partie de la doxa commune des professionnels de l'informatique » (p.123) et qui doit « être interrogée en ce qu'elle semble fondée sur le postulat que l'erreur étant humaine, la délimitation et le formatage de l'intervention humaine seraient la condition de félicité de tout bon système d'information » (*ibid.*).

Nous suivons Alain Gras et al. (1994) lorsqu'ils incitent à prendre de la distance par rapport à ces notions de « facteurs humains », « d'erreurs humaines » comme catégories de causalité (p.15). Selon eux, « une des conséquences de cette représentation a été bien comprise par Marx au XIX siècle : l'homme devient un facteur de production. C'est dans ce monde de pensée que s'est construite la catégorie d'erreur humaine. Cette dernière a longtemps mis en avant l'homme comme non seulement faillible mais coupable » (*ibid.*, p.16). Ce discours, bien qu'aujourd'hui largement contesté, s'est fortement imprégné dans le milieu aéronautique, notamment au travers des rapports d'incidents/accidents qui font prédominer la cause à l'erreur humaine. Dans le récit fait de l'accident du vol 447 Rio-Paris par un des pilotes que nous avons rencontrés, on retrouve ainsi des expressions telles que « faute de pilotage » ou encore, « ce qui ne marche pas c'est nous [en comparaison à la « machine »] ». En reprenant une métaphore proposée par un sociologue des techniques et spécialiste des systèmes experts, Gras et al soutiennent « qu'il est impossible de construire l'équivalent d'un être socialisé en donnant des instructions explicites à un ordinateur » :

« Tout se passe comme si un système expert était un récipient dans lequel l'expert déversait du savoir et duquel l'utilisateur final retirerait du savoir. Si nous comparons ce savoir à un potage au poulet avec des morceaux, alors le système expert fonctionnerait comme une passoire : avec tous les systèmes experts existant, les morceaux seraient bien récupérés, mais le liquide serait perdu. Les morceaux sont les facettes aisément énonçables du savoir comme l'information

factuelle et les heuristiques qui peuvent être rendue explicites, tandis que le liquide est le vaste substrat culturel impossible à verbaliser, sur lequel reposent les faits et les règles. Pour récupérer le liquide, il faudrait une passoire dont la maille serait infiniment fine » (Collins, 1992¹²⁹ cité dans Gras et al., 1994).

Or, cet auteur ajoute que ce « liquide », ces parties non dites du savoir (comme le souligne Gras et al.), représentent un savoir différent « avec une grammaire différente » (*ibid.*). Il nous semble que cela rejoint quelque part l'idée développée par Larry Browning et Thierry Boudès (2005) sur la dialectique entre listes et récits dans les organisations et sur la nécessité de maintenir un équilibre entre ces deux modes de communication. Les listes incarnent une logique de prescription qui permet de se focaliser sur un nombre réduit de paramètres en délimitant les représentations d'un phénomène afin de pouvoir agir sur lui. Elles permettent un premier format de création de sens mais sans tisser ni liens de causalité, ni liens chronologique dans l'énumération ; ce qui se prête bien « à la transmission des consignes et donc à l'exercice du pouvoir » (*ibid.*, 2005, p.238). Tel que (re)formulé dans (Mayère et al., 2012) : « c'est une pensée "prête-à-emploi", avec un caractère universel et atemporel » (p.121). Mais cette représentation de l'action planifiée accorde peu de place à l'adaptation et à la créativité lors de la réalisation effective de leur activité. Or, Lucy Suchman (1987) soutient que l'action est située et que les individus sont en mesure de produire et de réactualiser des plans en cours d'action en fonction de la situation. De façon convergente, Browning pose que pour parvenir à une compréhension globale de la situation, il est nécessaire de procéder à une mise en récit¹³⁰ en « intégrant des éléments isolés en un tout cohérent » (Browning et Boudès, 2005, p.234) ; ce qui inclut une prise en compte des dimensions temporelles et des liens de causalité qui combinent les éléments entre eux pour construire l'intrigue de l'histoire. Ces récits permettent d'articuler l'habituel à l'inhabituel en s'adaptant aux aléas des différentes circonstances. A partir de là, Larry Browning identifie quatre situations types de circulation entre listes et récits ; dont celle de « condensation », qu'il définit comme relevant du passage du récit à la liste. Cette logique, dit-il, consiste à identifier « les facteurs-clés de succès », les « best practices » qui permettent d'isoler des invariants-guides censés être généralisables à tout type de situations ; « il s'agit de condenser des situations multiples et diverses dans des éléments en nombre limité et généraux censés en

¹²⁹ Collins Harrym, *Experts artificiels*, Paris, PUF, 1992, p.136.

¹³⁰ Browning 2005, reprenant Weick : « In short, what is necessary in sensemaking is a good story » (Weick, 1995, p.60).

rendre compte » (*ibid.*, p.241). Et selon Larry Browning, c'est de cette logique de condensation que s'inspirent les programmeurs informatiques ; faisant ainsi prédominer un format de listes dans les systèmes informatiques. Comme le soulignent Anne Mayère, Isabelle Bazet et Angélique Roux, « les listes sont également en phase avec la pensée technocratique en ce qu'elles sont ancrées dans la rationalité en finalité, qu'elles constituent une formule pour l'action supposée aboutir à un résultat mesurable » (2012, p.122).

Nous soutenons que c'est typiquement de cette vision que sont imprégnés les architectes avec lesquels pilotes et contrôleurs composent. Le projet d'informatisation donne le primat à une logique de listes-plans qui vient soutenir l'enjeu de rationalisation des activités. Or le problème est que ces professionnels sont confrontés à une intrigue permanente, celle de la réussite des vols, en toute sécurité. En effet, les situations vécues sont loin de se conformer à cette conception à la fois du vol et de la communication nécessaire pour ce vol tel que formalisé par les concepteurs et également, en trame de fond, par tout le dispositif normatif. Les concepteurs sont le bras armé de toute cette normalisation et de ces projets qui visent à libéraliser l'espace aérien avec la perspective que l'un des outils pour y parvenir est l'automatisation.

Dans la partie suivante, nous proposons ainsi de voir comment se recomposent les activités des pilotes et des contrôleurs et comment dans cette nouvelle configuration, les acteurs tentent de maintenir, de reconstruire les éléments leur permettant de résoudre l'intrigue du vol ; sa réussite en toute sécurité.

2. Recomposition des pratiques et question de co-construction du sens

- *Comment l'implantation du système technique participe-t-elle à reconfigurer les pratiques de travail et plus particulièrement, les pratiques communicationnelles des pilotes et des contrôleurs ?*

Nous proposons dans cette partie de nous intéresser à la façon dont le système technique travaille l'organisation : « ce qu'il fait aux individus et ce que les individus en font », pour reprendre les termes d'Isabelle Bazet et d'Anne Mayère (2004). Dans un premier temps, nous proposons de traiter du déplacement et de la recomposition des territoires d'intervention. En effet, le système technique prenant de plus en plus de place dans la conduite des activités, nous nous interrogeons sur ce qui est désormais confié aux pilotes, aux contrôleurs et au

système technique. Dans un deuxième temps, nous proposons de traiter de la question de la maîtrise du (des) temps en ce qu'il(s) participe(nt) de ce mouvement de rationalisation. Nous verrons en effet que le système technique tend à transformer le(s) rapport(s) au temps des pilotes et des contrôleurs. Nous identifions ce en quoi il présuppose une unicité de système et un temps linéaire et en cela, ne tient pas compte des différentes temporalités avec lesquelles les acteurs composent. Enfin, nous nous intéresserons aux fils conducteurs de l'action : comment se construit le récit des vols et l'élucidation de l'intrigue qui consiste à ce que l'avion parvienne à sa destination ?

2.1. Déplacement et recomposition des territoires d'intervention

La confrontation des pratiques instaurées par les pilotes et celles que propose le système technique donne lieu à des tensions, des incertitudes quant à leurs pratiques, à leurs identités, ainsi qu'à leurs relations avec les contrôleurs aériens. Ce point d'analyse a notamment émergé suite à l'un de nos entretiens avec un pilote-instructeur dont la pensée nous semble particulièrement éclairante dans la mesure où il explicite et formalise des éléments qui sont plus diffus dans d'autres entretiens. Lorsque les acteurs ont déjà mené une réflexion autour des évolutions actuelles et des transformations de leurs pratiques de travail, ces entretiens deviennent des déclencheurs d'analyse (Kaufmann, 2006). Nous souhaitons donc ici rendre compte de plusieurs extraits de cet entretien en ce qu'ils nous semblent particulièrement révélateurs des incertitudes vécues par les pilotes.

Avant de procéder à une analyse plus fine des différents extraits retenus, nous souhaitons proposer la lecture d'ensemble d'un extrait relativement conséquent afin de prendre la mesure du discours de notre interlocuteur.

Extrait 2 :

« Un système qui va être le système futur j'en suis sûr, ça va être le “ground control”, ce sont les contrôleurs qui vont nous diriger depuis le sol. Et oui, c'est l'avenir, on en vient à tout supprimer des cockpits. Moi l'avenir, je suis un peu pessimiste quant à la fonction de pilote, tout va être automatisé, c'est normal. D'ailleurs tout est fait pour depuis le début. Ce que je te disais tout à l'heure, la trigonométrie, math sup, math spé... Non non maintenant bac littéraire suffit pour être pilote. Comment tu veux justifier de 10 000 euros par mois. Après le mec il va dire 10 000 euros pour faire quoi ?

Le niveau est de plus en plus bas. Quand ils [les compagnies] font des sélections à l'étranger, ils font appel à des gars comme moi parce que le niveau est de plus en

plus bas. Pour piloter un avion on a le droit quand tu as 500 heures ON. 500 heures c'est rien. Du coup ils mettent des vieux pirates à côté. Mais eux ils vont partir en retraite. Alors heureusement que la technologie est en train de rattraper la baisse de niveau. Par exemple la HF, dés fois y'en a qui ne savent pas utiliser la HF. Du coup je les prends en vol et on fait le vol en HF, je préviens le contrôleur au décollage que ça ne sera pas en CPDLC et il se tape de la HF pendant tout le vol. Et je lui demande déjà si c'est un contrôleur qu'il a au bout. Hé bin non c'est un opérateur radio¹³¹, alors il veut un message formaté. Si tu ne le mets pas d'une certaine forme il va te dire « test again » jusqu'à ce que tu aies compris. Et puis je leur apprend à faire un message en HF, à gueuler dans la HF, à dire Charlie Charlie en HF. En fait faut tout leur apprendre. Avec la baisse de niveau, heureusement qu'on a la technologie. Et c'est pas par hasard si on développe les drones. Un jour il y aura prise en main de l'avion par le sol. Ils font déjà des avions qui suivent des avions. Donc le but c'est de nous foutre dehors parce qu'on n'est pas performant, on est des humains, la machine fait mieux que nous. Ils arrivent à démontrer que c'est de l'erreur humaine, comme l'avion d'air France [référence à l'accident du vol AF 447 Rio-Paris, 2009].

Après, on continue le raisonnement : 10 000 pour faire quoi ? T'as pas rempli le plan de vol, t'es obligé de faire ce qui est marqué dans l'OFP, les mécanos ont un avion sûr, les contrôleurs te prennent en charge, ta qualification a duré un mois, t'as même pas le bac. Et puis tu sais les russes, pour 2000 euros, ils prennent ton boulot. C'est licence européenne ! Et le russe parle mieux anglais que toi parce qu'il a faim lui, toi tu n'as pas faim.

C'est plus le métier de pilote, moi je gère un vol. j'ai 1 doigt : 7325 insert, le vol est fait. Je m'éclate plus avec un planeur qu'avec un airbus. Quand je prends un airbus, je vais travailler. C'est de la gestion de vol, je suis auto-pilote tout de suite, l'avion fait tout tout seul, je surveille le carburant, machin... Qu'est-ce que je fais ? Je gère un vol, je ne pilote pas. Sur 12h de vol, j'ai piloté 10 minutes. Le métier est en train de changer. Y'a une évolution au niveau des pilotes accidentogènes, compensée par la technique, heureusement. Mais le jour où y'a plus la technique, c'est ce qui s'est passé avec l'avion d'air France, hé bin les mecs se sont tués. Ils sont partis en décrochage, ils ont pas fait la manœuvre de base contre un décrochage qui est, pour tout avion, de prendre de la vitesse. Faute de pilotage ! Le cas d'air France [référence à l'accident d'avion AF447 entre Rio de Janeiro et Paris, 2009], on l'a eu chez nous, on s'en est sorti et heureusement, c'était un vieux pirate aux commandes.

Y'a un système qui est fait au minimum où y'a des contrôles en ligne, des contrôles simulateur. Et le programme c'est un peu light mais si je le gonfle, c'est 400 dollars de l'heure. Ha oui mais faudrait savoir ce qu'on veut. Oui mais la

¹³¹ Aux Etats-Unis, les contrôleurs ne sont pas chargés des transmissions radiotéléphoniques avec les pilotes. Celles-ci s'effectuent par l'intermédiaire d'un opérateur radio dont la tâche consiste à retransmettre les messages des pilotes vers les contrôleurs et *vice versa*.

boite a pas de sous. Et puis la loi te dis c'est ça le minimum, donc on fait le minimum.

Donc pour résumer, on évolue vers le bas avec une technologie qui compense. Déjà, ce qui est étonnant, c'est qu'on décolle l'avion à la main, en faisant très attention. Ça pourrait être fait en automatique très bien. Ça m'étonne qu'on fasse encore le décollage, j'suis bien étonné. On nous laisse le décollage et en cas de panne, auto pilote tout de suite. L'auto-pilote, il pilote mieux que nous. Donc c'est un métier en voie de disparition. Y'a même des compagnies qui poussent plus loin le bouchon, quand tu rentres, on te donne ta feuille de paye, t'es plus pilote, t'es personnel de conduite, comme dans le TGV. Mais il manque un zéro là ! Non non monsieur, il ne manque rien, c'est votre paye !

C'est automatisé, c'est espacé, ça marche, système pour éviter les avions entre nous, ça marche, tout marche, ce qui ne marche pas, c'est nous. La technologie elle marche bien et c'est pour ça qu'elle va prendre la place. T'auras un mec qui aura 4 galons, mais c'est pas un pilote, c'est un mec qui sait appuyer là où il faut appuyer pour ramener l'appareil au sol. Et si tu as un problème commercial tu iras t'adresser à lui. Et le mec : vous avez quoi comme formation pilote ? j'suis pas pilote, j'suis informaticien, technicien »

Pour trouver un commandant de bord, il faudra chercher, alors qu'avant il brillait. Et on nous foutera dehors des cockpits parce que la sécurité sera meilleure. Les systèmes automatiques seront meilleurs que nous. Je l'admets, un pilote automatique, il pilote mieux que moi. Moi j'arrive pas à tenir un niveau pendant 10 heures¹³² » (Francis, Pilote-instructeur d'Air3).

Cet extrait un peu long que nous avons choisi de présenter ici nous est apparu comme révélateur d'une forme de « violence organisationnelle »¹³³, ou tout du moins, comme l'avait pressenti Victor Scardigli (2001), d'une « révolution socio-organisationnelle ». En poursuivant plus avant l'étude de cet extrait, nous avons dégagé trois grands traits d'analyse que nous présentons maintenant.

2.1.1. Redistribution des tâches : vers une « perte de contrôle » ?

La première analyse qui ressort de l'extrait présenté, prend forme dans ce que nous identifions comme une « perte de contrôle » et d'autonomie (Rosio Alvarez, 2008) de l'activité de pilotage par les pilotes. Celles-ci prennent forme dans la redistribution

¹³² Sous-entendu, maintenir un niveau de vol stable à la même altitude, afin de limiter la consommation de carburant. C'est comme maintenir une vitesse constante en voiture pour limiter la consommation de carburant.

¹³³ Nous souhaitons préciser que cet extrait d'entretien a tout particulièrement fait l'objet d'une discussion très enrichissante avec les membres de l'équipe ECORSE, que nous tenons ici à remercier.

progressive des tâches qui sont confiées aux pilotes, aux contrôleurs et au système technique (« *l'auto-pilote* »). En effet, le déploiement du système technique renforce la mise en œuvre d'une nouvelle organisation du travail qui vise à produire les conditions d'une activité de vol maîtrisable et sûre. Comme nous l'avons montré dans le chapitre 2, cet enjeu de sécurité se traduit dans la vision ingénieur par une sophistication technique de plus en plus poussée qui vient renouveler le cadre déjà constitué et réactiver les enjeux associés : un réseau d'ordinateurs et d'hommes. Cette nouvelle organisation tend à recomposer les territoires d'intervention en donnant le primat à l'automate mais également en faisant glisser l'activité de « pilotage » du vol (au sens de maîtrise) vers les contrôleurs. Ce constat, notre interlocuteur en a en tout cas l'intime conviction :

*« Un système qui va être le système futur j'en suis sûr, ça va être le « ground control », ce sont les contrôleurs qui vont nous diriger depuis le sol (...). C'est pas par hasard si on développe les drones. Un jour, **il y aura prise en main de l'avion par le sol**. Ils font déjà des avions qui suivent des avions. Donc le but c'est de nous foutre dehors parce qu'on est pas performant, on est des humains, la machine fait mieux que nous. Ils arrivent à démontrer que c'est l'erreur humaine, comme l'avion d'Air France [référence à l'accident du vol AF 447 Rio-Paris, 2009] » (Francis, Pilote-instructeur d'Air3 – accentué par nous).*

Selon Victor Scardigli (2001), pour les ingénieurs, cette nouvelle organisation repose sur deux arguments majeurs. Le premier consiste à dire que pour pallier les défaillances humaines, accroître la sécurité et les performances, l'automatisation est la solution : « de nouveaux gains considérables seront obtenus lorsqu'on aura automatisé les relations entre les systèmes informatiques des avions et du contrôle » (*ibid.*, p.113). Le deuxième argument repose sur le constat que les contrôleurs disposent d'une vue globale du trafic et sont équipés de calculateurs performants qui leur permettent de disposer de davantage d'informations permettant d'analyser et de prévoir les trajectoires des vols. Les avions, quant à eux, bien que de plus en plus performants, ne peuvent embarquer ni de gros calculateurs, ni un personnel suffisant pour traiter l'ensemble des paramètres de plus en plus nombreux et complexes. Dès lors, la nouvelle organisation adossée à l'évolution de la technologie et à la multiplication des aides au contrôle prépare une « prééminence des acteurs basés au sol » (*ibid.*, p.116). Tel que le formule notre interlocuteur au cours de l'entretien :

« En fait nous on est aveugle et c'est vrai que ce sont les contrôleurs qui sont gagnants entre guillemet, parce que c'est eux qui auront toujours le dernier mot » (Francis, Pilote-instructeur d'Air3).

En raccrochant l'extrait d'entretien présenté ici à celui que nous avons présenté au début de ce chapitre (Extrait 1, p.195), on peut voir comment le système technique vient équiper cette pensée-ingénieur sur ce constat de l'erreur humaine, en la dotant de nouveaux outils qui viennent s'insérer dans un ensemble de systèmes de plus en plus interconnectés afin de cadrer un peu plus l'activité de vol tout en participant à marginaliser les pilotes dans la conduite de leur activité :

- un plan de vol écrit par d'autres en amont puis enregistré dans le FMS qui prendra alors en charge le calcul de la trajectoire du vol : « *on rentre le numéro de l'OFP (exemple 7321), le plan de vol est dedans [le FMS]. Notre rôle est donc limité* » ;
- un système d'auto-pilotage qui prend les commandes du vol : « *l'avion fait tout tout seul* », « *sur 12h de vol, j'ai piloté 10 minutes* » ;
- une traçabilité renforcée (par l'ADS) permettant un contrôle du vol par les acteurs au sol : « *le pas vu pas pris n'existe plus* », « *on a l'œil de Moscou maintenant* ».

Dans cette redistribution des tâches, la part d'action des pilotes dans la conduite du vol tend à se réduire de plus en plus et participe à une forme de perte d'autonomie :

« T'as pas rempli le plan de vol, t'es obligé de faire ce qui est marqué dans l'OFP, les mécanos ont un avion sûr, les contrôleurs te prennent en charge, ta qualif elle a duré un mois, t'as même pas le bac » (Francis, Pilote-instructeur d'Air3).

Notre interlocuteur s'étonne d'ailleurs d'être encore responsable du décollage, une phase du vol pourtant particulièrement délicate.

« Déjà, ce qui est étonnant, c'est qu'on décolle l'avion à la main, en faisant très attention. Ça pourrait être fait en automatique très bien. Ça m'étonne qu'on fasse encore le décollage, j'suis bien étonné. On nous laisse le décollage et en cas de panne, auto pilote tout de suite. L'auto-pilote, il pilote mieux que nous. Donc c'est un métier en voie de disparition » (Francis, Pilote-instructeur d'Air3).

Le système technique a pris de plus en plus de place au sein du cockpit et l'automate fait partie intégrante de l'équipage, sans pour autant être reconnu en tant que membre de l'équipage. On assiste à une prise en charge de plus en plus étendue de l'activité de pilotage par une complexification et une imbrication de systèmes techniques au sein de laquelle la place des pilotes est de plus en plus délimitée et cadrée par ces systèmes techniques eux-mêmes. En déplaçant et en recomposant les territoires d'intervention des pilotes, le système

technique ne fait pas que modifier la place qui leur est accordée dans la conduite du vol, il participe également à redessiner leur identité.

2.1.2. Vers des questionnaires du vol : la nouvelle figure du pilote

Un autre point d'analyse qui nous est apparu prégnant dans le discours de notre interlocuteur, est la façon dont il vit cette extension, cette informatisation et automatisation de plus en plus poussée de son activité de pilotage. Le sentiment de perte d'autonomie dont il nous fait part s'accompagne d'une réflexion autour de son identité :

*« C'est plus le métier de pilote, moi je gère un vol. j'ai 1 doigt : 7325 insert, le vol est fait. Je m'éclate plus avec un planeur qu'avec un airbus. Quand je prends un airbus, je vais travailler. C'est de la gestion de vol, je suis **auto-pilote** tout de suite, l'avion fait tout tout seul, je surveille le carburant, machin... Qu'est-ce que je fais ? Je gère un vol, je ne pilote pas. Sur 12h de vol, j'ai piloté 10 minutes. Le métier est en train de changer »* (Francis, Pilote-instructeur d'Air3 – accentué par nous).

Parlant d'identités professionnelles, James Taylor (2011) propose de les considérer comme relevant d'une construction transactionnelle. En reprenant les travaux de Barbara Czarniawska sur l'« *action net* », il soutient que :

« Many studies begin with the location of actors or organizations... such entities are outcomes rather than inputs of organizing (...); network assumes the existence of actors, who forge connections. Action net reverts this assumption, suggesting that connections between and among actions, when stabilized, are used to construct the identity of actors. ... Connections create actors – not the other way around » (Czarniawska¹³⁴, 1997, p.179 cité dans Taylor, 1997, p.1277)

En rattachant cette idée aux écrits de George H. Mead (1967 [1934]) sur le « soi » (*self*) puis à l'interprétation qu'en a fait Barbara Simpson¹³⁵, James Taylor converge vers l'idée que le « soi » n'existe pas comme un « étant là » par nature, mais comme quelque chose qui se construit et se développe dans le processus social de l'expérience et de l'activité.

« Identity is established only in and through interaction but its meaning emerges against the back-drop of unfolding or established transactional relationships » (Taylor, 2011, p.1278).

¹³⁴ Czarniawska, Barbara, (1997), « Narrating the organization »: Dramas of institutional identity, Chicago, IL: University of Chicago Press.

¹³⁵ Simpson, Barbara, (2009), Pragmatism, Mead and the practice turn: What do we actually mean when we talk about a “turn“, and how would we know when a “turn” has occurred? *Organization Studies*, (30), 1329-1347.

Selon lui, les processus organisants produisent à la fois l'organisation et l'identité de ceux qui en sont partie prenante. Dans l'extrait proposé, on peut identifier que le rôle des pilotes s'est déplacé d'une activité de pilotage « *à la main* » à une activité de gestion et de surveillance des systèmes techniques. En cela le système technique participe à redessiner ce qui est au centre de l'activité et contribue à mettre sous tension la « figure du pilote ». En effet, lorsque notre interlocuteur nous dit : « *sur 12 heures de vol, j'ai piloté 10 minutes* », cette affirmation semble révélatrice du fait que la fonction de pilote telle qu'elle fût exercée par le passé est fort différente de ce qu'elle est aujourd'hui. Et c'est à l'aune de cette expérience de l'activité de pilotage que notre interlocuteur mesure la distance qu'il y a entre le « pilote qui pilote » et le pilote qui gère un vol : « *Je m'éclate plus avec un planeur qu'avec un airbus. Quand je prends un airbus, je vais travailler, c'est de la gestion de vol* ». Dans cette nouvelle configuration de l'activité et de sa place et son rôle dans la conduite du vol, notre interlocuteur se vit comme étant dorénavant à peine un O.S., c'est à dire qu'il semble complètement cadencé par la chaîne informationnelle qui lui a totalement échappé. Il devient en quelque sorte le prolongement de l'informatisation, tout du moins, il se positionne comme tel. La désignation « *je suis auto-pilote* » apparaît en effet comme une forme d'expropriation : du pilote étendu au cockpit (Hutchins, 1994), il semble que l'on soit passé au cockpit étendu au pilote. Ce re-positionnement, qui est également défini par la logique économique, tend à redessiner l'identité des pilotes dans la mesure où ils deviennent des contrôleurs de la bonne gestion du vol telle qu'elle est par ailleurs inscrite dans l'architexte (« *j'ai 1 doigt : 7325 insert, le vol est fait* »).

Plus encore, ce re-positionnement s'accompagne d'une dévalorisation du métier de pilote :

« *Y'a même des compagnies qui poussent plus loin le bouchon, quand tu rentres, on te donne ta feuille de paye, t'es plus pilote, t'es personnel de conduite comme dans le TGV. Mais il manque un zéro là ? Non non monsieur, il ne manque rien, c'est votre paye !* » (Francis, Pilote-instructeur d'Air3).

Nous rejoignons Victor Scardigli (2001) lorsque suite à son étude auprès des pilotes il constate que « dans ce scénario [de l'automatisation des échanges], le pilote voit son travail modifié et son statut dégradé » (2001, p.117). Mais il semble que plus encore, il s'agit là d'une forme de dépossession à la fois de l'activité et de sa désignation avec toute l'aura et le statut social qui allaient avec. La dénomination de « personnel de conduite » semble bien

traduire le fait que si ce qui construisait l'activité a été repris par le système technique, alors on perd l'intitulé même de l'activité. Etant considéré que l'activité de pilotage est de plus en plus assumée par la machine et par les contrôleurs, fort logiquement – dans cette vision où dominent les questions de rentabilité et de gestion – la rémunération est revue à la baisse. La fonction est déconsidérée à la fois dans son appellation et dans sa rémunération. Moyennant quoi, il y a un comme un déni du rôle des pilotes et de leur savoir.

2.1.3. Vers une « perte de connaissance » ?

De cette reconfiguration et de ce déplacement des territoires d'intervention, il en résulte pour notre interlocuteur, une mise en cause de ce qui constituerait les compétences et les connaissances de bases requises. Ce que cet extrait nous donne à voir c'est combien les pilotes sont de plus en plus mis en marge du cockpit, le système technique prenant en charge une partie plus importante des tâches initialement confiées aux pilotes. Comme nous l'avons évoqué, cela participe d'une forme de dépossession sur l'argument que la sécurité est l'objectif de tous et que la seule solution c'est de mettre « noir sur blanc » tous les possibles et d'avoir des messages et des systèmes d'action préprogrammés. Et les pilotes sont censés alimenter le filet qui les (des)sert de plus en plus en continuant à décrire le monde des possibles qui va ensuite être équipé de méta-règles par les concepteurs des langages et de leur inscription dans la machine. Ce que notre interlocuteur met de l'avant, c'est que sous couvert de l'informatisation et de l'automatisation comme gage de sécurité et de performance, l'apprentissage des connaissances de l'activité de pilotage telle qu'elle se réalisait auparavant est mis en défaut. Dans cette montée en puissance des logiques économique, l'enjeu consiste à réduire les coûts de ce qui est désormais considéré comme ne participant plus aux éléments de connaissance de bases nécessaires à la conduite de l'activité. Par ailleurs, il nous semble qu'avec l'intensification du trafic aérien, le nombre de pilotes requis pour accompagner cette montée en puissance a de fait augmenté, cela participant à réduire une partie des exigences requises pour être autorisé à piloter.

« Y'a un système qui est fait au minimum où y'a des contrôles en ligne, des contrôles simulateur. Et le programme c'est un peu ligh mais si je le gonfle, c'est 400 dollars de l'heure. Ha oui mais faudrait savoir ce qu'on veut. Oui mais la boîte a pas de sous. Et puis la loi te dis c'est ça le minimum, donc on fait le minimum » (Francis, Pilote-instructeur d'Air3).

Notamment, notre interlocuteur souligne qu'avec la mise en œuvre des liaisons numériques, les connaissances de bases en radiotéléphonie – mode de transmission qui reste malgré tout un

recours nécessaire en cas de dysfonctionnement du système ou de situation inhabituelle, tel que cela est par ailleurs inscrit dans la réglementation – se perdent et que l'expérience requise pour piloter un avion tend à diminuer.

« Le niveau est de plus en plus bas. Quand ils font des sélections à l'étranger, ils font appel à des gars comme moi parce que le niveau est de plus en plus bas. Pour piloter un avion, on a le droit quant tu as 500 heures ON. 500 heures, c'est rien. Du coup, ils mettent des vieux pirates à côté. Mais eux ils vont partir en retraite. Alors heureusement que la technologie est en train de rattraper la baisse de niveau. Par exemple la HF, dés fois, y'en a qui ne savent pas utiliser la HF. Du coup, je les prends en vol et on fait le vol en HF. Je préviens le contrôleur au décollage que ça ne sera pas en CPDLC et il se tape de la HF pendant tout le vol » (Francis, Pilote-instructeur d'Air3).

Il semble qu'il y ait un déni des savoirs acquis par l'expérience mais tout en conservant l'exigence pour les pilotes d'assurer la responsabilité du vol et de la coordination. Il nous semble que ce déni croissant fait que le travail sur les expériences, sur les habiletés pourrait se perdre et que le système risque de « faiblir » à force d'avoir nié la présence humaine. Or, cette présence est un gage supplémentaire et essentiel de la sécurité dans la mesure où elle permet de compenser les dysfonctionnements (ou les limites, ou les contradictions). La question qui tend à se généraliser concerne la capacité de « rattrapage » de la situation en cas de situation dégradée. En effet, ce qui revient dans le discours de notre interlocuteur concerne le retour des habiletés lorsque la situation devient défaillante :

« Y'a une évolution au niveau des pilotes accidentogènes, compensée par la technique, heureusement. Mais le jour où y'a plus la technique, c'est ce qui s'est passé avec l'avion d'air France [référence à l'accident d'avion AF447 entre Rio de Janeiro et Paris], hé bin les mecs se sont tués. Ils sont partis en décrochage, ils ont pas fait la manœuvre de base contre un décrochage qui est, pour tout avion, de prendre de la vitesse. Faute de pilotage ! Le cas d'air France, on l'a eu chez nous, on s'en est sorti et heureusement, c'était un vieux pirate aux commandes » (Francis, Pilote-instructeur d'Air3).

Il y a un déni des habiletés alors que ce sont justement ces habiletés là qui permettent aux organisations à risque de tenir dans ces environnements à forte contingence. Comme le souligne Karl Weick (1979, 1990) c'est souvent les expériences antérieures remises en situation, et qui vont être utilisées pour faire face à l'imprévu, qui participent aux processus organisants. Et qui plus est, au fur et à mesure que se sont intensifiés le trafic et la complexité, sont suscitées sans arrêt de nouvelles raisons pour lesquelles des situations à risque et non

décrites peuvent se présenter. Dans les logiques de conception, prévaut fortement un postulat de systèmes techniques que l'on pense comme fonctionnant de façon continue, en sous-estimant les pannes et les situations de maintenance. Dès lors, effectivement, la possibilité de prise de relais devient très compliquée, ce d'autant plus quand les acteurs participent de moins en moins au travail continu d'élaboration du sens. En évoquant l'accident d'avion d'Air France, notre interlocuteur met en avant que pour co-construire du sens, encore faut-il que les éléments de cette construction soient disponibles dans le temps très court qui est celui de la réaction nécessaire. Cela suppose que la production de sens soit continue et à un niveau suffisamment autonome pour pouvoir accéder et construire les informations en situation de crise. Or cette délégation à la machine suscite en retour le risque que lorsqu'il faut « reprendre la main » en situations dégradées (quand ce sont des situations marginalement défailtantes cela peut encore être jouable), cela devienne compliqué. Il nous semble que cela pose la question plus globale de la capacité d'apprentissage des organisations. Dans les organisations et notamment dans ces organisations à risque où l'activité est sensible, il nous semble que ce qui va faire la différence, c'est précisément ce que l'on va pouvoir capitaliser ; et ici, ce que l'on va pouvoir capitaliser, ce sont des savoirs acquis dans l'expérience, ce que détiennent ces « *vieux pirates* ».

2.2. Concurrence et coordination des temps

Nous souhaitons dans cette partie questionner la façon dont le système technique actuellement déployé vient travailler le(s) rapport(s) au(x) temps des acteurs dans la conduite de leur activité. Nous n'entendons pas ici mener une analyse approfondie de la notion de temps, ce qui nous semble relever d'un travail à part entière. Néanmoins, nous proposons des pistes de réflexions qui pourront être approfondies par ailleurs. Si nous abordons cette thématique c'est qu'il nous semble que, derrière l'effort de rationalisation des activités, est aussi visée une maîtrise du temps ; un temps supposé univoque et linéaire. C'est en tout cas ce que soutient Paul Peigné (2011) lorsqu'il constate que « dès qu'il s'agit de mesurer sa performance globale, l'organisation est dénuée de toute épaisseur distinctive temporelle (...) ; la temporalité de référence, celle qui détermine la performance, les primes et les promotions, reste le référentiel Galileo-newtonien » (p.14) :

« Définis comme cadre absolu, repère inaltérable, axiome référentiel de toute activité scientifique, le temps et l'espace constituent dès lors les éléments référentiels de tout phénomène physique désormais invariablement observé sous l'angle d'un temps exogène et linéaire » (*ibid.*, p.3).

Dans le domaine aérien, cette linéarité s'articule aux enjeux de densification du trafic aérien adossé à une vision de l'espace aérien comme autant de routes « lissées » auxquelles les avions se raccrocheraient par un mouvement de « connexion/déconnexion ». La pensée-ingénieur porte une vision de la technique toute puissante qui se joue de l'espace et du temps dans la mesure où les systèmes informationnels et communicationnels déployés pour accompagner cette quête de performance et d'optimisation suggèrent une unicité de systèmes. Du point de vue du « rationalisateur », c'est à dire de celui qui va concevoir les systèmes, il est en effet supposé qu'une fois déployé, le système va être uniforme, qu'il n'y aura alors plus qu'un système. Or, en observant de plus près les pratiques communicationnelles des pilotes et des contrôleurs, on se rend compte qu'il y a en fait toute une stratification de logiciels qui viennent s'emboîter, se combiner et qui nécessitent d'être ajustés en situation. On constate en effet qu'il est fait état d'un travail d'articulation (Strauss, 1992) qui consiste à faire tenir ensemble des dispositifs communicationnels qui reposent sur des logiques temporelles différentes.

Si la notion de temps a depuis longtemps été source de débats en sciences sociales, Peigné souligne qu'elle n'a cependant pas rigoureusement fait l'objet d'une conceptualisation théorique et empirique clairement consolidée. En dressant un rapide état de l'art de la façon dont la notion de temps a pu être appréhendée dans les principales disciplines (tant en sciences exactes qu'en sciences sociales), Peigné constate que là où en sciences exactes, en biologie ou en sociologie la notion de temps a évolué vers un concept polymorphe « afin de permettre une compréhension plus aisée et plus pertinente des différentes réalités observées » (*ibid.*, p.2), elle reste en théorie des organisations encore trop enfermée dans son rôle de « cadre implicite hérité de la mécanique classique » ; à savoir, « un cadre implicite à l'action permettant seulement d'apprécier par sa variation la notion de mouvement ou de changement » (*ibid.*). Or, dit-il, la réalité est marquée du sceau de la complexité qu'une approche univoque du temps organisationnel ne peut saisir ; le risque étant « d'évincer de l'équation managériale toute la dimension de sens et d'échanges (kairos) ancrée dans l'existant » (*ibid.*). En menant une étude sur une entreprise confrontée à un effort de rationalisation de ses activités, Paul Peigné met en avant que la perception strictement monologique du temps (Chronos) tend à limiter le degré de compréhension d'une complexité organisationnelle au point d'évincer les autres composantes temporelles qui participent à son équilibre (Kairos). Comme le souligne par ailleurs Peter Clark (1985), la difficulté centrale de la notion de temps pour la sociologie des organisations est de réussir à sortir de la métaphore

du temps de l'horloge, vision héritée de l'approche Newtonienne pour laquelle le temps est séparé des événements. Or, nous partons du postulat que la notion de temps ne peut être considérée en dehors du rapport qu'elle entretient avec les individus ; et qu'elle est étroitement liée au monde physique dans lequel ceux-ci évoluent. Comme le souligne Honing et al (2005) :

« Time is neither an abstract entity nor is it a neutral medium, but a result of human engagement with the world. We cannot understand time by looking at it alone but rather by analysing the ways people are involved in everyday life (...) Time is part of our physical involvement with the natural and technological world; our practical daily involvement with the material world is temporal to its core » (p.293).

Le défi consiste alors à sortir de la vision d'un temps absolu, de cette métaphore du temps de l'horloge, du temps chronométrique qui existerait en dehors des événements afin de considérer l'ancrage temporel de l'action organisationnelle.

« Certainly the metaphore of clocktime underpins the treatment of the « time dimension » in organizational sociology, yet it should be impossible to undertake a sociological analysis of the « time dimension » by relying solely on the metaphor of the clock. Sociological analysis requires a theory of time which recognizes that time is a socially constructed, organizing device by wich one set, or trajectory of events is used as a point of reference for understanding, anticipating and attempting to control other sets of events » (Clark, 1985, p.36).

La tentative de conceptualisation de la notion de temps que propose Paul Peigné (2011) s'articule autour de deux dimensions : la dimension « chronométrique », linéaire du temps (en référence au dieu Chronos, dieu personnifiant le temps de la destinée) et la dimension « kairique » (en référence au dieu Kairos, dieu personnifiant le temps de l'instant et de l'opportunité). Son hypothèse est que « l'absence de prise en compte de la dimension kairique au profit exclusif de la chronométrique est susceptible d'hypothéquer l'équilibre organisationnel d'une structure en la privant des conditions de synchronisation des différentes temporalités la constituant » (*ibid.*, p.8).

Nous rejoignons Paul Peigné (2011), ainsi que Peter Clark (1985), sur la nécessité de ne pas se limiter à un référentiel classique d'un temps univoque, chronométrique mais de considérer le caractère plurivoque du temps. Cette analyse des temps dans les activités de pilotage et de contrôle nous a notamment été inspirée de l'étude d'un incident qui s'est déroulé dans le Pacifique et qui nous renseigne sur les tensions qui émergent lorsque les

acteurs aux prises avec des dispositifs communicationnels sous-tendus par des logiques temporelles différentes, tentent d'articuler et d'ajuster ces dispositifs aux circonstances de la situation.

Pour poursuivre plus avant cette réflexion nous présentons ci-dessous les circonstances de l'incident. Les éléments relatifs à celui-ci sont issus d'une part, du rapport du BEA qui a été établi et d'autre part, du récit du contrôleur aérien en poste ce soir là. Il est à noter que le matériel utilisé à ce moment là (2002) était le tout premier de ce type, à savoir le système VIVO (décrit dans le chapitre 4) ; mais les modalités de transmission des messages (CPDLC et radio) restent les mêmes.

Caractéristiques de l'incident

Comme indiqué sur le schéma ci-dessous, la configuration de la situation comporte 3 avions en évolution : l'UAL841 établi au niveau de vol 330, le QFA25 au niveau 330 également (en sens inverse), et l'ANZ5 au niveau 340.

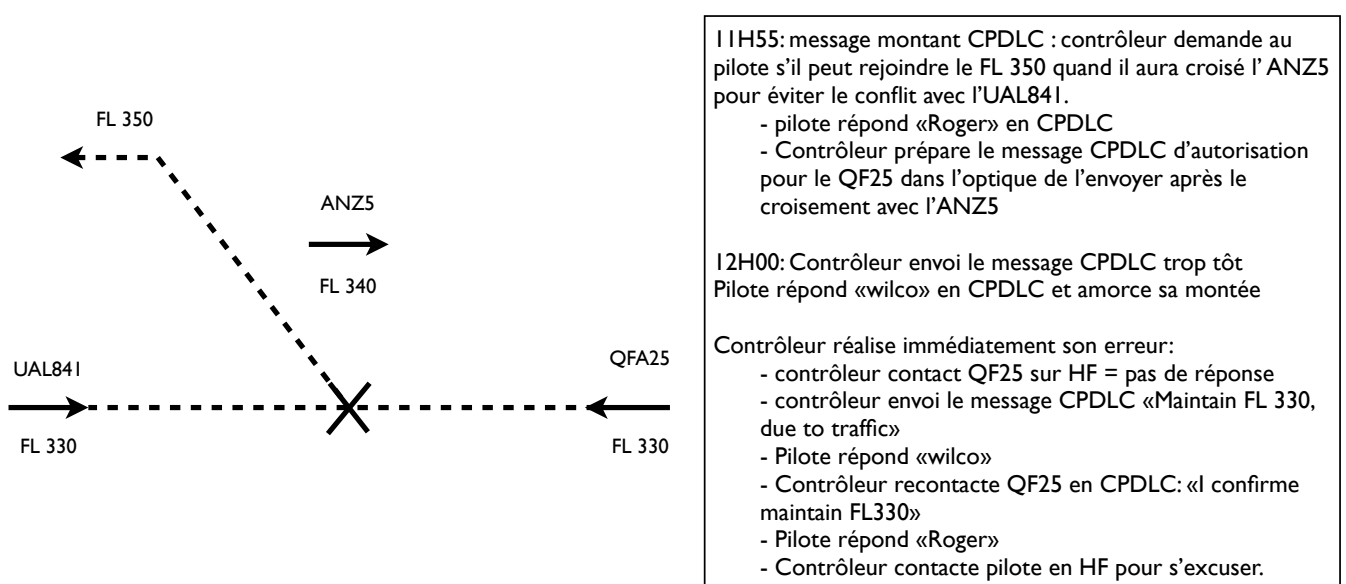


Figure 27 : déroulement de la situation d'incident (1)

Pour résoudre le conflit à venir entre l'UAL841 et le QFA25 qui sont établis au même niveau de vol, en face à face, le contrôleur en charge de ces aéronefs a pour stratégie de faire monter le QFA25 au niveau 350 dès que ce dernier aura croisé l'ANZ5. Après avoir demandé au pilote, à 11h55, s'il pouvait rejoindre très prochainement le niveau 350 (ce dernier ayant accepté : « roger »), le contrôleur prépare, en CPDLC, le message d'autorisation de montée afin de le transmettre au QFA25 après le croisement avec l'ANZ5. Mais le contrôleur envoie

le dit message à 12h ; le QFA25, en accusant validation (« *wilco* »), débute alors sa montée. Le contrôleur réalise immédiatement son erreur et tente de contacter le pilote par radio HF ; mais ce dernier ne répond pas. A 12h02, le contrôleur rédige un nouveau message CPDLC, « *Maintain FL330, due to traffic* » auquel le pilote répond « *wilco* ». De nouveau, le contrôleur envoie un autre message CPDLC pour confirmer le précédent « *I confirm maintain FL330* », auquel le pilote répond « *roger* ». Le contrôleur recontactera le pilote en HF afin de s'excuser. Concernant cet incident, nous avons demandé au contrôleur sur position cette nuit là, de nous raconter comment s'était déroulée cette résolution de conflit.

Extrait 3 :

« Dans mon cas c'était la nuit, c'était tard, enfin c'était un horaire où on commence un peu à être fatigué, presque en fin de vacation c'est à dire vers 2h du matin ! Donc j'avais un trafic, on va dire soutenu, j'avais 7 ou 8 avions, en CPDLC et en HF. Le contrôleur américain m'appelle pour passer la coordination de trois avions dont un qui allait passer 2h après. Donc en fait il m'appelle 2h avant par rapport à ça et il anticipe trop la coordination avec un point d'entrée qui ne correspond pas avec ce que j'ai sur le strip donc je perds beaucoup de temps à régler les problèmes de coordination de ces avions-là qui de toute façon n'arriveront pas tout de suite et après il m'a passé deux autres avions qui arriveront beaucoup plus rapidement donc on passe beaucoup de temps à faire la coordination ! Donc je reçois les premiers avions ½ heure ou ¾ d'heure après et un des deux doit monter sauf que dans le secteur j'avais déjà un avion qui était au même niveau que l'autre et qui allait traverser s'il montait. Donc ce que j'ai fait pour régler le conflit, je prépare la clearance en CPDLC en me disant une fois qu'elle est préparée et qu'ils se sont croisés, j'appuie sur le bouton et j'envoie sauf qu'à ce moment-là je sais pas ce qui s'est passé j'ai appuyé par mégarde sur "envoi" donc le message est parti. L'avion a reçu le message et il l'a accepté et il est monté, il est monté tout seul donc là j'ai vu mon erreur et j'ai essayé de rattraper le coup par radio directement j'ai envoyé plusieurs selcall, 8 selcall. Je lui ai dit de redescendre au niveau auquel il était ! le pilote était pas content ça c'est sûr, la séparation minimum qu'il y a eu était encore de 40 nautiques mais c'était du face à face mais bon ça va très vite mais bon y'avais encore 40 nautiques ! En gros ça a duré...[il réfléchit] le temps de rattraper et de redescendre ça a dû durer...[il réfléchit] il me semble que quand on était à 100 nautiques, il restait 40 ...[il réfléchit] à 16 nautiques/minute donc en 3 minutes j'ai rattrapé le truc ! Il a fallu quand même 3 minutes pour rattraper ! Entre le moment où j'ai envoyé le message, j'ai envoyé le selcall, il m'appelle, que je lui dise de redescendre, qu'il stabilise au niveau auquel il était, il a fallu 3 minutes donc c'est beaucoup de temps » (Patrice, contrôleur – accentué par nous).

De manière générale, la notion de temps est très présente dans le discours des acteurs et semble se réactualiser tout particulièrement à l'occasion de l'introduction du CPDLC comme moyen additionnel de transmission des messages. En effet, comme nous l'avons évoqué plus tôt, les nouveaux systèmes techniques de transmission des messages entre pilotes et contrôleurs ne viennent pas en remplacement des anciens, mais s'y ajoutent. Dès lors, les contrôleurs, pour un secteur donné, doivent composer avec des aéronefs qui seront, soit uniquement équipés de la radiotéléphonie, soit équipés, en plus, de l'application CPDLC ; ajoutant ainsi un niveau de variété des interfaces disponibles pour la transmission des messages : « *j'avais 7 ou 8 avions, en CPDLC et en HF* », situation que le contrôleur qualifie de « *soutenue* » en rapport d'une part, au nombre d'avions à gérer simultanément, auxquelles sont associées des coordinations inter-centre et d'autre part, au fait que selon l'équipement de ces avions le contrôleur devra « basculer » d'un mode de transmission à l'autre. De plus, pour le vol concerné, équipé des deux modes de transmission, la question qui se pose aux contrôleurs et aux pilotes, concerne l'arbitrage qui doit être effectué entre les deux modes de transmission relativement à la situation à un moment donné. Précisons pour ce dernier élément que, d'un point de vue réglementaire, les normes et procédures d'utilisation des systèmes CPDLC divergent en fonction de la zone dans laquelle ils sont déployés. En zone océanique, (tout du moins dans la FIR de Tahiti), il est spécifié que « les CPDLC seront utilisés comme moyen primaire de communication ; la voix constituera le moyen de secours : VHF, HF » (document professionnel, guide d'utilisation de TIARE, 2008, p.15). En zone continentale, l'outil radio et le CPDLC doivent coexister ; le CPDLC ne remplace pas les communications VHF. Les premières directives d'introduction et d'utilisation des CPDLC précisent que 1) les CPDLC doivent être utilisées dans des situations sans pression temporelle et sans caractère d'urgence du fait du délai de gestion plus long de ce mode de transmission, au regard de la radio. Aux dires de nos interlocuteurs, la notion de « pression temporelle » est fonction de la densité de trafic, de la performance du système et du temps nécessaire pour prendre la décision et les mesures correctives ; 2) les pilotes et les contrôleurs portent la responsabilité du choix de l'outil de transmission. Ils doivent donc distinguer quel outil sera le plus adapté à la situation. Le paradoxe que l'on peut observer prend forme entre d'une part un système de transmission qui est censé devenir la dominante dans cette idée d'automatisation et de mise en plan des échanges, et le fait que l'on précise que ce système ne convient pas pour des situations sous pression temporelle alors même que tout va dans le sens d'une densification du trafic et par conséquent, d'une potentielle augmentation de cette pression

temporelle. Dans cette conception de l'innovation technique il semble que l'on oublie que le système technique ne vient pas en remplacement mais s'insère dans une écologie des systèmes techniques ; ce qui se traduit pour les acteurs par un travail supplémentaire qui consiste à les combiner et qui plus est, à porter la responsabilité de leur combinaison et de leur alternance.

Un des contrôleurs rencontrés nous disait : « *en aéronautique, le temps c'est de la distance* ». La notion de distance fait ici référence à l'espace qui sépare un aéronef d'un autre, et par extension, cela correspond à l'intervalle de temps qui sépare ces deux aéronefs ; intervalle qui doit être suffisant pour effectuer des manœuvres correctives. Selon la situation, l'action devra être effectuée plus ou moins rapidement ; et l'urgence va déterminer le choix du mode de transmission. En effet, le CPDLC ne permet pas la même réactivité que l'outil radio (sous réserve d'un contact radio qui ne soit pas tributaire de propagation HF défaillantes), compte tenu du temps requis pour la manipulation de l'architexte dans la composition des messages. Comme nous l'avons montré dans la première partie de ce chapitre, le processus d'écriture d'un message CPDLC nécessite de rechercher dans les différentes « classes » proposées, les éléments constitutifs du message, processus qui peut prendre un certain temps. A cela s'ajoute la dimension asynchrone de cet outil de transmission dans la mesure où il permet de différer l'envoi des messages. Ceux-ci peuvent effectivement être stockés dans le système en amont et en aval. En aval, cela permet de stocker les messages qui ont été transmis. En amont, cela permet de préparer un message à l'avance tel que cela a été le cas dans la situation d'incident présentée. Comme le souligne un de nos interlocuteurs, là où la radio s'apparente au téléphone, l'application CPDLC s'apparente à une messagerie électronique :

« Je me suis toujours imaginé dans l'avion avec des turbulences où ça bouge, ça bouge et il [le pilote] veut changer de niveau (...) il commence à nous envoyer un message, ça prend un certain temps. Ensuite, nous [les contrôleurs], il peut y avoir un délai du traitement du contrôleur, c'est comme un email : est-ce qu'il va répondre instantanément ? Alors que si on envoie un message style sonnerie téléphonique ou un message radio à un pilote normalement constitué, s'il est encore en vie, il va répondre. Donc là, le message arrive au contrôleur qui va prendre un certain temps à le traiter donc au niveau temporel on a forcément une perte de temps » (Loïc, contrôleur-instructeur)

La situation d'incident présentée ci-avant nous donne à voir cette altérité des dispositifs techniques, c'est à dire que chacun repose sur des logiques différentes qui ne sont pas

synchronisées. Et il est laissé à la charge des contrôleurs et des pilotes d'effectuer le travail d'articulation de ces différentes logiques. En analysant plus avant le récit du contrôleur face à cette résolution de conflit, nous pouvons identifier trois échelles de temps avec lesquelles composent les contrôleurs : les temps des plans, les temps des échanges et les temps des actions :

- les temps des plans correspondent à du « futur » où les acteurs se projettent sur du (relativement) long terme ; en l'occurrence, dans notre étude, il s'agit d'une projection relative au plan de vol des avions. Tant pour les pilotes que pour les contrôleurs dans la conduite de leur activité, le plan de vol représente ce temps long de l'activité qui leur permet de se faire une représentation de ce que va (devra) être la trajectoire du vol. Mais comme le souligne Suchman (1987), le plan ne détermine pas l'action, celle-ci va émerger en contexte. Dans la situation d'incident étudiée, le contrôleur nous fait part d'une coordination avec le contrôleur aérien du centre précédent qui lui prend beaucoup de temps et qu'il ne peut en outre pas résoudre dans l'immédiat (*« je perds beaucoup de temps à régler les problèmes de coordination de ces avions-là qui de toute façon n'arriveront pas tout de suite »*). En effet, si l'on considère que leur travail consiste précisément à ajuster le plan à l'action, alors pour une demande de coordination trop anticipée, le contrôleur ne dispose que de la dimension de plan qui n'est pas encore mise en situation (*« il anticipe trop la coordination avec un point d'entrée qui ne correspond pas avec ce que j'ai sur le strip »*).
- les temps des échanges s'effectuent sur du « futur immédiat » et font références aux moments où pilotes et contrôleurs échangent entre eux relativement à la situation qui doit être gérée à court terme et aux actions à mettre en œuvre.
- Enfin, les temps des actions correspondent à la mise en action dans un « présent instantané » telle que la mise en œuvre d'une manœuvre d'aéronef suite à une instruction de contrôle.

Ces trois temps sont étroitement imbriqués : les acteurs sont à la fois dans cette projection, dans cette préparation des différentes échelles de temps et continuellement en train de « zapper » de l'un à l'autre. Tandis qu'en radiotéléphonie, il y a une synchronisation des temps des échanges et des temps des actions – dans la mesure où lorsqu'une instruction est donnée, elle a valeur immédiate – l'application CPDLC, quant à elle, tend à découpler ces

deux temps, puisque, comme nous l'avons évoqué, les messages peuvent être envoyés en différé de l'action. Il est ainsi supposé que la trace des messages et leur stockage dans le système suffit à la mémorisation et à la mise en œuvre de l'action au moment « t » défini. Dans cette conception le contenu informatif étant transféré et stocké, il n'y aurait plus qu'à sélectionner le stock pour l'activer. Or, pilotes et contrôleurs font état de la mise en œuvre d'un travail supplémentaire d'articulation qui peut mener à des occasions supplémentaires d'erreurs. Dans l'incident présenté, l'envoi prématuré du message CPDLC au QFA25 est révélateur de cet impensé du système technique relativement aux habitudes de travail qui consistent à transmettre une instruction qui aurait valeur d'exécution immédiate. Comme le souligne un des pilotes rencontrés, le découplage des temps que permet l'outil CPDLC peut rendre complexe la conduite de l'activité et nécessite de développer des mécanismes d'ajustement.

« Le danger c'est de faire une action immédiate suite à une clearance du contrôleur qui nous autorise à monter dans 10 minutes. C'est comme si je vous dis on se recommande un café dans 10 minutes, ça ne va pas être exactement dans 10 minutes. Donc on a des petits moyens : on va s'afficher un chrono ; moi quand je reçois le papier [le message CPDLC], je l'imprime, je le plie et je le mets sur ma base de manche. Quand je mets quelque chose, c'est que je sais que je vais avoir quelque chose à faire. Y'a des tas de petites astuces. L'action croisière décalée dans le temps, ça c'est redoutable ! En radio, on disait jamais : « oui on verra, rappeler moi dans un quart d'heure », c'était immédiat ! Quand une autorisation de contrôle est donnée à la radio, elle est une exécution immédiate »
(Maxime, pilote d'Air2).

Ce que nous donne à voir notre interlocuteur c'est cet accroissement, cette démultiplication du travail d'articulation qui met sous tension le travail de coordination, alors même qu'il est supposé que ce travail d'articulation est pré-résolu par le système technique dans la mesure où il permet la mise en trace des messages. Or, pour les pilotes et les contrôleurs le « reste à faire » consiste à contextualiser et à séquencer ces différentes mesures métriques pour construire celle qui conviendra le mieux à la situation à laquelle ils sont confrontés. Les « astuces » mnésiques que développe le pilote, lorsque, par exemple, il pose l'imprimé du message sur la base de son manche, nous semblent révélatrices de cette nécessité de reconstruction de ce qui est laissé pour compte par le système technique. Ces « astuces » participent de l'organizing et accompagnent la construction de sens de la situation. Il nous semble que la charge et la responsabilité de la coordination de cette granularité différente des

temps sont directement reportées sur les acteurs alors que les outils dont on les dote postulent un temps linéaire et simple.

Un contrôleur aérien nous racontait ainsi comment ces notions de temps étaient absentes des réflexions menées autour de leur activité. Il nous raconte notamment le cas d'un accident d'avion, celui d'un DH8 assurant la liaison entre Brême (Allemagne) et Paris, qui s'est écrasé sur la plate forme aéroportuaire de Roissy Charles de Gaulle en 1993. En phase finale d'atterrissage¹³⁶ l'avion devant s'aligner sur l'axe de la piste 27 a finalement dû effectuer une déviation vers la piste 28 en raison d'un incident survenu sur la piste 27 conduisant à sa fermeture. C'est suite à cette manœuvre que l'avion a touché le sol environ 1800 mètres avant le seuil de la piste 28 (rapport d'enquête du BEA)¹³⁷. En poste à cette époque à l'aéroport de Roissy, ce contrôleur a suivi de près le déroulement de l'enquête et des conclusions du tribunal de Créteil à qui avait été confiée la mise en examen des responsables de cet accident. En lisant le rapport du tribunal, notre interlocuteur constate qu'il est fait état d'un listing des « attendus du jugement » de ce qui était « attendu » de la part du pilote face à la situation. Il nous raconte ainsi qu'en lisant le rapport il était mentionné : « attendu que le pilote fasse telle manœuvre... attendu que le pilote exécute telle tâche ... attendu que le contrôleur ... etc. ». Puis, en regardant le déroulement du vol sur la base des enregistrements légaux à partir du moment de changement de manœuvre (c'est à dire à 14 nautiques de la piste – ce qui équivaut à environ 25 km) jusqu'à la collision au sol, le contrôleur constate qu'il s'est en fait écoulé à peine 1 minute. En nous racontant cet accident, notre interlocuteur met ainsi l'accent sur le fait que ce qui est attendu, n'est pas de l'instantané. Il y a comme un déni de la non-linéarité du temps, de ce temps homogène et universel alors que le temps, nous dit-il, est relatif, tout comme l'est la distance. D'autant plus, dans des situations inhabituelles ou dégradées où le rapport au temps a tendance à s'accélérer et à se dilater. Dans l'incident étudié et son récit par le contrôleur (extrait 2), cette dilatation des temps est prégnante : « *la séparation minimum qu'il y a eu était encore de 40 nautiques mais c'était du face à face mais bon ça va très vite mais bon y'avais encore 40 nautiques* » ; « *en 3 minutes j'ai rattrapé le truc ! Il a fallu quand même 3 minutes pour rattraper* » ; « *c'est beaucoup de temps* ». On constate effectivement qu'à partir du moment où notre interlocuteur s'est rendu compte de l'envoi prématuré de son message, le temps s'est comme déformé et pour résoudre cette

¹³⁶ L'avion effectuait une approche aux instruments (ILS) c'est à dire que les pilotes doivent rejoindre un cap d'intersection de l'axe ILS qui vont les mener jusqu'à la piste.

¹³⁷ En ligne, <http://www.bea.aero/docs/1993/d-at930106p/pdf/d-at930106p.pdf>, consulté en 2011.

situation, le contrôleur a utilisé le système de transmission qui lui est apparu le plus adapté à l'urgence, en l'occurrence, la radio. Il y a l'idée qu'à des interfaces, qu'à des architectes, sont rattachés des espace-temps différents. Et il est de la responsabilité des acteurs de tenir ce travail d'articulation qui participe des processus organisants nécessaires à la sécurisation des activités.

2.3. Construction du récit des vols : la question des fils conducteurs de l'action

Dans cette partie, nous proposons de nous intéresser à la façon dont pilotes et contrôleurs réintroduisent l'idée d'une intrigue permanente alors même que tout le dispositif postule qu'avec la mise en plan et l'informatisation, l'intrigue est comme pré-résolue. En effet, tandis que l'automatisation croissante postule un plan toujours plus adaptable et maîtrisé, nous allons voir qu'il subsiste une intrigue qui consiste à ce que l'avion parvienne à sa destination par combinaison de listes-plans et de récits-interactions (Browning, 2005). Dans ces activités prudentielles (Champy, 2009), soumises à de fortes contingences, le mode vigilant est le mode permanent ; et c'est cette présence du risque qui constitue l'intrigue. En effet, nous allons voir que le sens de la situation n'est pas déjà là mais qu'il demande constamment à être construit et reconstruit afin d'élucider l'intrigue et de conduire l'action. Dans un premier temps, nous nous intéressons à la façon dont les strips utilisés par les contrôleurs ont vocation de supports réflexifs pour l'élucidation de l'intrigue et comment leur informatisation tend à reconfigurer les régularités (Hutchins, 1995 ; Groleau, 2008) sur lesquelles prennent appuis les contrôleurs pour construire le sens de la situation. Puis dans un deuxième temps, nous nous intéressons à la pratique de l'écoute flottante comme participant de la construction de sens de la situation.

2.3.1. Le(s) strip(s) comme support(s) réflexif(s) pour l'élucidation de l'intrigue

Pour les contrôleurs, dont la tâche quotidienne consiste à « manipuler » une multitude d'informations, les strips sont des supports qui permettent de fixer les éléments relatifs aux vols et de donner un ordre de lecture de ces vols dans l'espace aérien. Comme nous l'avons évoqué précédemment, les informations contenues sur le strip précisent (Figure 28, p.240) dans un premier temps, les éléments liés à l'aéronef (indicatif, type d'aéronef), puis ceux décrivant le vol en deux dimensions (aéroport de départ, route suivie, points de passages dans le secteur concerné et aéroport de destination), puis le niveau de vol ; enfin le facteur temps

intervient avec l'heure prévue de départ et des estimées aux différents points de passage. Ainsi constitué, le strip représente une forme particulière de liste que Browning (2005) nomme « chronique » dans la mesure où y est incluse la dimension temporelle qui permet au contrôleur de se faire une représentation (Havelange, 2003)¹³⁸ chronologique *a priori* (plan selon Suchman) de la trajectoire d'un avion. Tel que le formule Browning, « une liste dont les éléments sont ordonnés dans le temps aboutit à une chronique [qui] permet d'opérer une première mise en ordre » (2005, p.235).

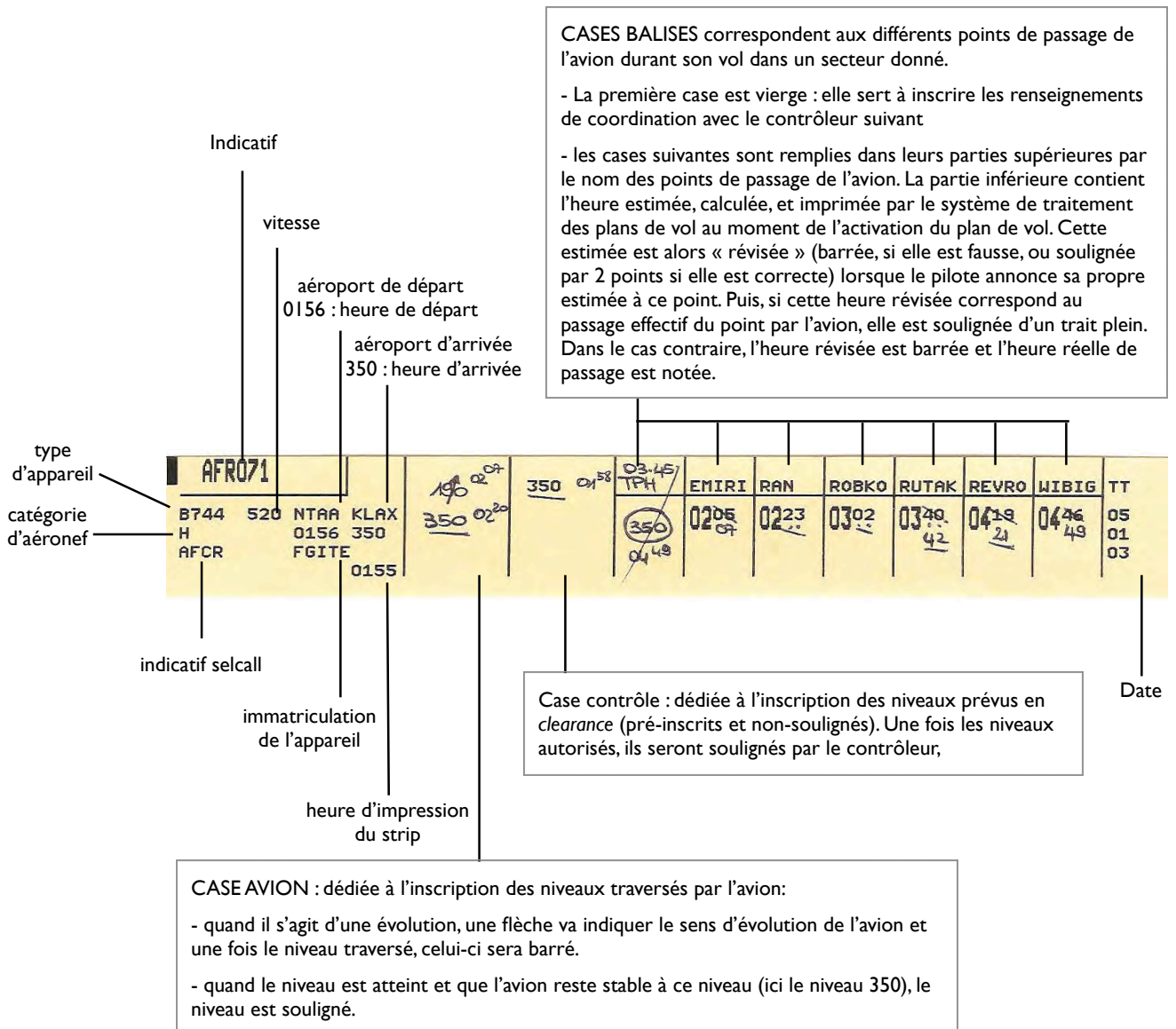


Figure 28 : Description d'un strip papier utilisé pour le contrôle d'un vol long courrier

¹³⁸ Nous nous référons ici à la définition proposée par véronique Havelange, à savoir que la représentation est ici ce qui rend (de *reddere* en latin) présent.

Dans un deuxième temps, lorsque l'heure de départ (autorisée par le contrôle) est connue, le vol est dit "activé". Les informations relatives à la progression du vol sont transmises de proche en proche aux différents secteurs de contrôle concernés. Chaque contrôleur, lorsqu'il est en charge de l'avion, annote le strip avec les éléments évolutifs du vol qui permettent d'ajouter à la dimension temporelle un effet de cohérence et de mise en récit au travers de l'intrigue.

Nous avons montré plus tôt que ces strips sont actuellement en cours d'informatisation, dans l'optique, *in fine*, de les remplacer complètement par des strips numériques. Or, nous allons voir que ces strips papiers et leur organisation dans le tableau de strips participent, pour les contrôleurs, de la construction de sens de la situation. En effet, tandis que le dispositif technique intègre le postulat selon lequel l'intrigue serait déjà pré-résolue, nous allons voir que l'élucidation de l'intrigue subsiste et fait appel à un travail de diagnostic continu de non-incident/incident.

En reprenant le schéma de l'archétype de la vie d'un vol que nous avons présenté dans les chapitres précédents (Figure 29), nous proposons de mettre en évidence cette dimension de micro-intrigue permanente.

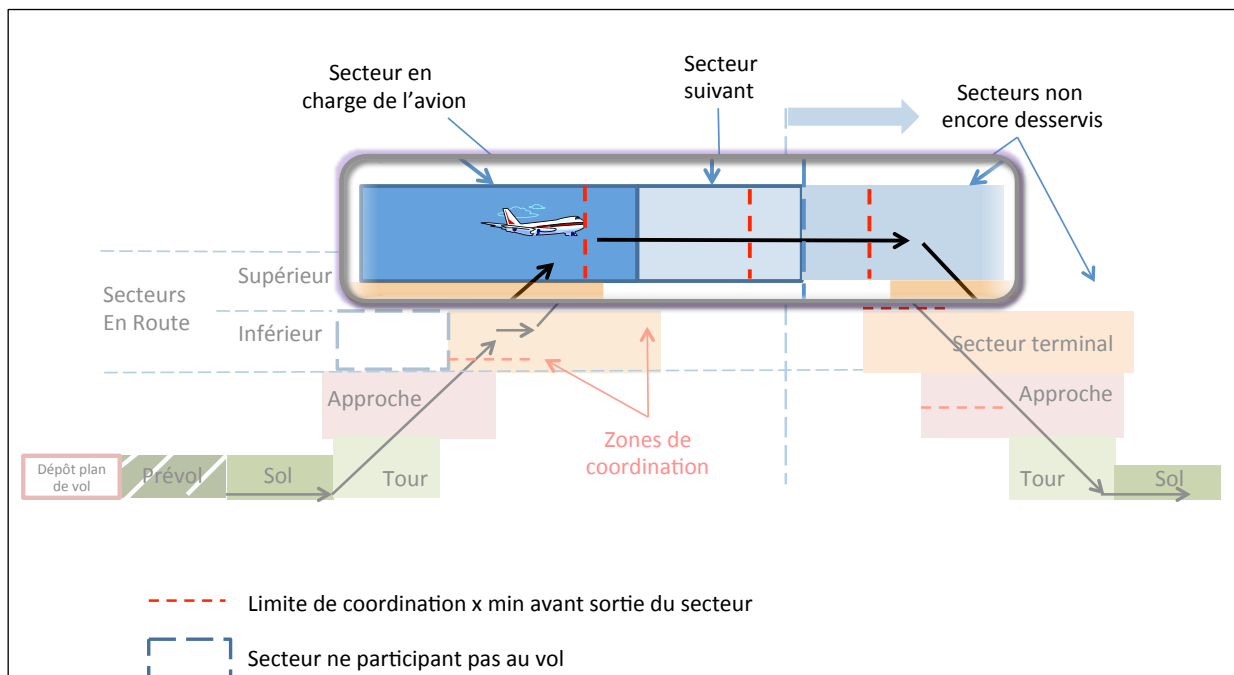


Figure 29 : La dimension de micro-intrigue de la vie d'un vol

En « zoomant » au plus près de l'activité (partie mise en relief sur la Figure 29 ci-dessus), nous entendons mettre en évidence le fait que tandis que la mise en liste-plan du vol postule

une modélisation précise de sa trajectoire avec des points d'entrées et de sorties prédéterminés qu'il s'agirait « juste » de suivre, dans la réalité, l'avion est peut être rentré (dans) et sorti d'un secteur en respectant les caractéristiques initiales, mais ce qui se passe entre ces deux moments comporte une dimension de micro-intrigue qui doit faire l'objet d'un travail d'ajustement. Le strip, est là pour raconter cette micro-intrigue.

❖ **Construction du récit d'un vol au travers du strip : entre plan-listes et récits-interactions**

Comme nous l'avons évoqué dans le chapitre 1, différents contrôleurs suivront successivement la gestion d'un vol en fonction de la phase du vol : mise en route, roulage, décollage, montée, croisière, puis descente, atterrissage, roulage. Le strip suit ce parcours avec, à chaque secteur, une mise à jour des éléments du plan de vol modifiés par le(s) secteur(s) précédent(s). Les informations n'ayant pas d'incidence sur le secteur suivant ne sont pas transmises ; elles ont vocation de « pense-bêtes » temporaires, selon le temps de la situation (Mayère et al., 2012). Il s'agit à chaque fois, pour le contrôleur, de corrélérer les informations relevant du plan de vol, aux conditions réelles du trafic pour s'assurer que celui-ci pourra poursuivre sa route. Cette contextualisation (Browning, 2005) permet d'adapter la liste à la situation particulière à un moment 't'. Le strip est délivré successivement à tous les secteurs concernés avec un préavis de 10 à 25 minutes. Ce préavis permet aux contrôleurs de chaque secteur de disposer d'un délai d'analyse et de réflexion suffisant pour vérifier les compatibilités entre les éléments du vol réactualisés et la gestion du trafic prévisible dans le nouveau secteur.

Dans la Figure 30 ci-dessous est représenté le « zoom » que nous avons mis en évidence dans la Figure 29. Pour le secteur concerné qui reçoit l'avion (secteur N sur la Figure 30), le strip activé sur la position de contrôle du contrôleur est délivré sous forme de liste de la part du contrôleur du secteur N-1. Au cours de l'évolution de l'aéronef dans le secteur de contrôle N, le strip prendra la forme d'un récit en intégrant les différents éléments de la situation en un tout cohérent. Les annotations portées par le contrôleur en charge de l'aéronef sur le strip rendent compte de cette mise en récit. Lorsque l'aéronef est sur le point de quitter le secteur N, le strip sera de nouveau transformé en liste et transféré au secteur suivant (N+1).

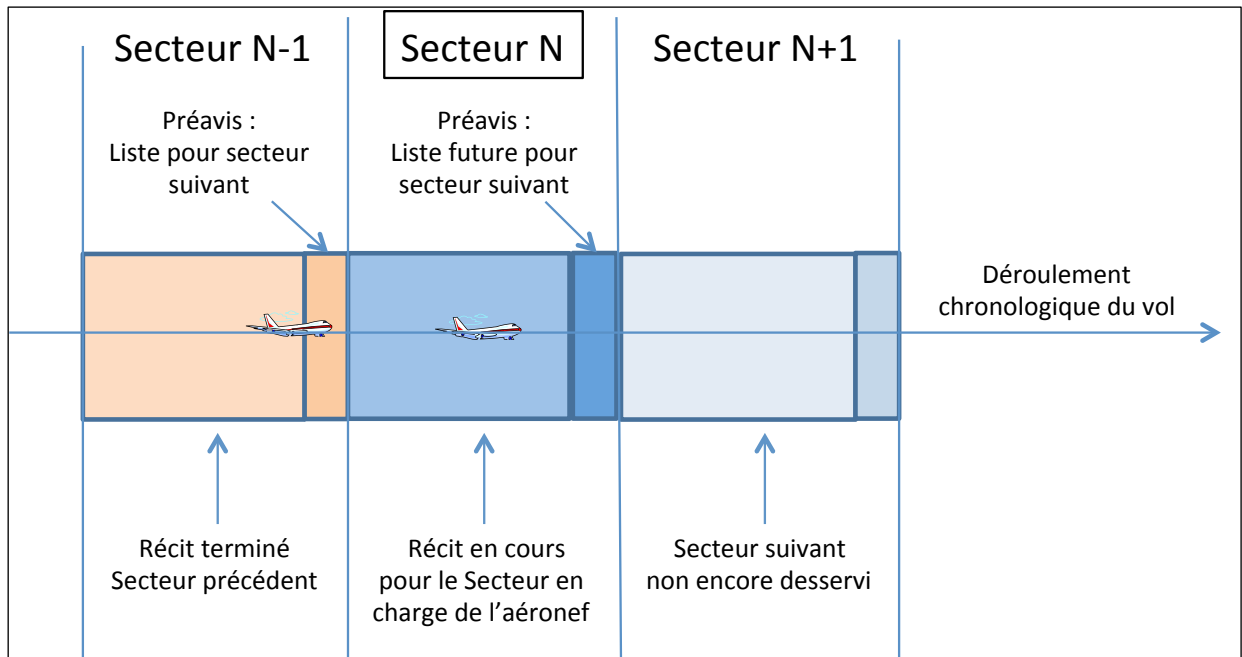


Figure 30 : Construction de l'intrigue par combinaison de listes-plans et récits-interactions

La construction de l'intrigue, consistant à ce que l'avion parvienne à sa destination, s'effectue donc par combinaisons de listes-plans et de récits-interactions déclinées de proche en proche dans chacun des secteurs de contrôle concernés. Et les strips sont des outils essentiels pour cette mise en récit du vol en ce qu'ils permettent de fixer les éléments du vol que les contrôleurs ont approuvés, initiés ou constatés.

❖ Construction du récit des vols au travers du tableau de strips : la question de l'intertextualité

Dans la gestion du trafic aérien il est indispensable de raisonner au pluriel. En effet, les contrôleurs doivent gérer simultanément plusieurs aéronefs qui sont chacun matérialisés par un strip. Il s'agit donc ici pour le contrôleur d'établir des liens entre les différents récits, ce que Browning (2005) appelle l'intertextualisation (le récit dans le récit) : « cela consiste à passer d'un récit à un autre, à établir des liens entre différents récits » (p.241). Pour cela, les strips correspondant aux différents aéronefs sont rangés et organisés par le contrôleur dans un tableau de strip (Figure 31, p.244). Ce tableau de strip permet aux contrôleurs d'ordonner et de représenter des informations dynamiques en intervenant sur l'organisation spatiale des strips. En cela, le tableau de strip représente l'organisation du trafic telle que perçue et pensée par le contrôleur par rapport aux contraintes propres à la situation. Il reflète la stratégie adoptée par le contrôleur pour effectuer son travail de séparation des aéronefs.



Figure 31 : Tableau de strips papiers

Lors d'une des observations que nous avons menée, un contrôleur aérien nous racontait ainsi comment il organisait son tableau de strip de façon à faire sens de la situation :

« Alors en fait, c'est un classement un peu géographique du nord au sud. Le Québec kilo que je le veux ici... bon c'est vrai que là, y'à pas énormément de boulot donc je me permets de le mettre là. Après en journée, on est plus rigoureux quand y'a plus de trafic. On va mettre les trafics plutôt qui vont être conflictuels. Donc celui-là, je le mets à part de toute façon, parce qu'il ne concernera personne, aucun flux. Mais en toute rigueur, il va dépasser de l'autre, je le mettrai ici. Donc y'a surtout de l'importance pour avoir un ordre de lecture mais il est encore plus important quand on a des trafics en fait, des flux de trafic qui vont être conflictuels. Dans des nord-sud, tu peux avoir parfois 2 axes vraiment bien distincts, donc c'est intéressant de classer par flux. Après, moi, venant d'un CCR, c'est ce qu'on faisait aussi pour détecter des conflits entre les avions. Tu vois ces strips, ce classement nous permettait de résoudre, de gérer les choses par conflit et de séparer certains trafics qui posent jamais aucun problème et d'autres qui vont être de toute manière conflictuels. Donc ça a son importance » (Contrôleur – informations recueillies lors d'une observation).

L'organisation du tableau de strip est ainsi laissée à l'appréciation des contrôleurs¹³⁹ qui peuvent organiser leur tableau de strips d'après les niveaux de vol, les positions géographiques par rapport à des balises, les conflits prévisibles à terme, ou un mélange de ces différentes possibilités. En cela, les contrôleurs opèrent un travail de mise en visibilité de ce qui va être le matériau de base du travail de mise en récit de la situation. Or, avec l'informatisation des strips, on assiste à une reconfiguration des régularités sur lesquelles les contrôleurs prennent appui pour construire le sens de la situation et mener à bien leur activité de séparation des aéronefs. En effet, tandis que sous leur forme papier, les strips étaient organisés selon une logique de classification définie par les contrôleurs, ils sont désormais, sous leur forme numérique, classés de façon alphanumérique et répartis dans les différentes fenêtres « *preactive* », « *announced* » et « *jurisdiction* » (Figure 25 et Figure 26, p.215-216). Il s'agit là d'une logique classificatoire propre aux ingénieurs qui tend à modifier la façon dont les contrôleurs se construisent leur représentation et leur organisation des différents flux de trafic qu'ils auront à gérer. En effet, l'organisation des strips ne s'effectue plus selon un sens lié aux situations, privant ainsi les contrôleurs des critères requis pour la mise en intertextualité des différents récits des vols. Par ailleurs, la mise en écran fait disparaître la dimension kinesthésique du strip papier que les contrôleurs déplacent au fur et à mesure de l'évolution des aéronefs. En effet, au delà d'être un support mnésique, le strip papier est un support kinesthésique qui permet de « rendre présent » l'aéronef ; il est le lien matériel qui relie les contrôleurs aux avions qu'ils « manipulent ». Désormais « absorbés » par l'écran, il semblerait que les strips numériques ne remplissent plus cette fonction.

Dans le centre de contrôle étudié, les contrôleurs ont ainsi demandé à conserver, en plus des strips numériques, une version papier du strip. Dès lors, les contrôleurs opèrent une double saisie : l'une sur le strip papier et l'autre sur le strip numérique rajoutant ainsi un niveau d'articulation supplémentaire.

*« C'est très difficile ! Il faut dire que TIARE, enfin qu'Eurocat a été fait à la base sans strip pa... [se reprend] **enfin sans strip** (...) donc on a demandé en plus à installer une imprimante et à avoir le strip en double. Donc on est obligé de maintenir le strip papier et le strip électronique, c'est très **important pour les positions des avions** » (Patrice, contrôleur).*

¹³⁹ En fonction des flux de trafic spécifiques à certains secteurs, des méthodes d'organisation du tableau seront privilégiées.

L'hésitation de notre interlocuteur nous semble révélatrice du fait que les strips numériques ne sont pas considérés en tant que strips au sens de ce qui était mobilisé dans les pratiques professionnelles. Néanmoins, la tenue de ces strips numériques est nécessaire dans la mesure où ils sont interconnectés avec l'ensemble du système technique AGDL, ce qui permet de réactualiser les pistes de vol sur l'écran de situation aérienne des contrôleurs (« *c'est très important pour les positions des avions* »). En effet, comme nous l'avons montré dans la partie 1.2.2, p.214, les strips numériques intègrent les informations issues du plan de vol initial, les données transmises par les systèmes de détection des avions (radar et ADS) et les informations issues des échanges entre pilotes et contrôleurs et que ces derniers doivent renseigner manuellement sur le strip numérique. Cela permet une boucle de régulation par corrélation entre les données issues des systèmes de détection des aéronefs (telles que calculées et mises à jour par la machine) et les informations de contrôle renseignées par les contrôleurs sur le strip numérique. Le système informatisé du contrôle est supposé alors en mesure, via des alarmes, de signaler le cas échéant la non-conformité entre ces données. Mais cela suppose que les instructions de contrôle soient bel et bien enregistrées sur le strip numérique, auquel cas, la machine considèrera qu'il y a une déviation de l'aéronef, non autorisée par le contrôle. C'est comme un GPS que l'on programme, si la route indiquée par le GPS n'est pas respectée, celui-ci nous informe de la non conformité entre la route prévue et la route effectivement suivie. Ainsi, tandis que la tenue des strips papiers permet de mener à bien le travail de mise en récit de la situation, la tenue des strips numériques permet de se prémunir contre les alarmes. La difficulté tient au fait que les contrôleurs ne savent plus vraiment quel système renseigner en premier.

« C'est un petit peu choquant de voir deux systèmes qui marchent en même temps sans savoir d'ailleurs réellement quel est le système à renseigner en premier. D'ailleurs, on a constaté que selon les utilisateurs on avait des méthodes de travail différentes, ça pose un grand problème de méthodes de travail qui n'est pas résolu actuellement » (Loïc, contrôleur-instructeur).

La tenue de ce « double stripping » n'est apparemment que temporaire, l'enjeu étant de parvenir à une informatisation totale. Certains centres ont d'ailleurs déjà complètement supprimé les strips papiers, mais il semblerait que dans cette configuration là, les contrôleurs se soient munis de petits bouts de papiers (Mackay & Fayard, 1997) sur lesquels sont notées des informations complémentaires à celles présentées à l'écran.

« *Moi je pense que d'ici un avenir très proche on va passer au strip électronique [uniquement]. D'ailleurs, c'est le but ! Dans certains pays, ils n'utilisent que le strip électronique. Par contre ils ont quand même un bloc note pour noter les vitesses, les caps pour les contrôleurs mais sinon tout se fait sur écran* » (Michel, contrôleur-subdivision étude – accentué par nous).

Ce que cette étude autour du strip nous donne à voir c'est combien les strips papier ou, dans le cas d'une informatisation totale, ces petits bouts de papier, sont les supports de l'*organizing* et de la production de sens qui n'est pas équipé par le système technique et que les contrôleurs doivent alors relayer. On peut ici percevoir cet impensé du système technique qui fait prédominer un format de liste, et en cela, tend à mettre en invisibilité le travail de mise en récit de la situation. Il semblerait que l'informatisation ne se traduise pas ici par ce gain d'efficacité tant annoncé, mais par un doublement du travail : un travail qui est nécessaire à l'action et un travail qui est conforme au plan et à l'organisation prescrite.

2.3.2. Le « *party line* » : construction du sens de la situation

La mise sous architexte informatisé des échanges entre pilotes et contrôleurs s'accompagne de la perte de la pratique de l'écoute flottante. En effet, lors des transmissions vocales, le « *party line* » ou écoute flottante est considéré comme une ressource essentielle dans le processus de mise en récit de la situation en ce qu'il permet le partage d'une partie de l'environnement. Le *party line* désigne « la ligne commune » – sous entendue commune à plusieurs abonnés. Il consiste pour un pilote à écouter les différents messages émis sur la fréquence radio du secteur dans lequel se situe son avion. Cela tient au fait qu'une seule et même fréquence est attribuée par secteur de contrôle. L'écoute de ces différents messages permet aux pilotes l'accès à un certain nombre d'informations sur le trafic environnant¹⁴⁰, pratique qui participe à la construction d'une certaine représentation de la situation à l'aide de ces éléments parcellaires.

« *Sur un aéroport c'est important : quand tu entends machin vous êtes numéro 1 à l'atterrissage, toi tu entends ça et tu te dis qu'il y a un mec devant. Vous êtes autorisé en final, toi tu cherches, il est où ? Donc ça c'est important, il faudrait toujours qu'il y ait une communication radio entre pilotes.* » (Maxime, pilote d'Air2).

¹⁴⁰ Précisons néanmoins que cette pratique est davantage possible lorsque les échanges s'effectuent via les fréquences VHF. En effet, les transmissions HF, du fait des nombreux parasitages ne semblent pas permettre une telle pratique.

Lorsqu'ils rendent compte de leur expérience de transmissions CPDLC, les pilotes soulignent que l'écoute ne peut plus être transverse puisqu'il n'y a plus écoute mais visualisation d'un message écrit retranscrit sur l'écran du seul destinataire. Notons effectivement que sa dénomination d'écoute flottante semble bien traduire ce à quoi donne lieu cette « ligne commune ». La tranquillité auditive qui résulte de la mise en place du CPDLC est due au caractère silencieux du message, mais elle ne permet plus l'accès aux éléments de contextualisation. La transmission est unidirectionnelle ; le message s'adresse désormais à un destinataire exclusif. Il semblerait que cela participe à une forme de décontextualisation du message. Les pilotes n'auraient plus la même perception de la densité ou de la proximité du trafic environnant.

De plus, les intonations, hésitations, reprises, précisions inhérentes à chaque un message vocal peuvent également générer des mécanismes d'interprétation quant à l'état émotionnel de son interlocuteur : stress, urgence, etc. Le terme de *party line* comme désignation de l'écoute flottante n'est pas anodin ; il semble bien traduire une conscience de l'intérêt de cette configuration d'échange.

« Dans le milieu professionnel la phraséologie serait, je mets bien au conditionnel, serait censée aplanir toutes les difficultés de communication, pour cela il faudrait qu'elle soit très précise mais la précision ne va pas de paire avec la vie de tous les jours, fut-elle professionnelle. Il y a forcément des moments où on ne peut pas passer au travers d'un dictionnaire, il y a des intonations, il y a un stress, des choses qui, retranscrites par écrit, n'auraient pas la même signification ou la même densité. On passe la plupart du temps par du vocal, même si maintenant on peut avoir le CPDLC, des phrases stéréotypes qui permettent de communiquer au travers d'une machine. Alors il peut toujours y avoir des ambiguïtés même avec du binaire, 1-2, on peut malgré tout se tromper. En vocal on peut rattraper des erreurs, par contre en vocal on peut faire passer des choses qui ne sont pas dites directement : Cela peut-être une phrase en suspend, un débit plus rapide ou moins rapide, tout cela peut apporter des informations aux pilotes ou aux contrôleurs. Dans le sens pilote-contrôleur, l'emergency ne sera pas pris de la même façon, l'emergency c'est à dire une situation de détresse au niveau du pilote, l'intonation peut apporter des éléments de communication, des éléments sur la situation, c'est autre chose, c'est pourquoi je dis la phraséologie n'est pas tout en communication dans le milieu professionnel, elle en est une partie, une grande partie. » (Jean, contrôleur-instructeur).

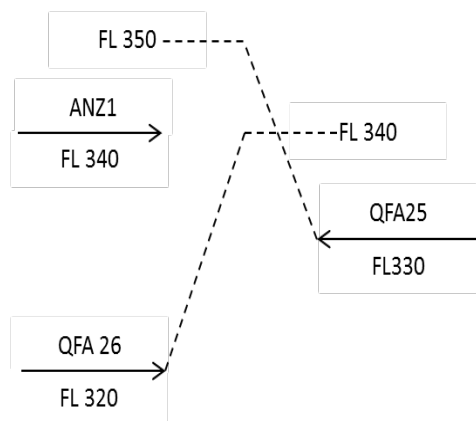
Ce que cet extrait nous donne à voir c'est cette idée d'une intrigue permanente où le sens n'est pas « déjà là » mais nécessite d'être construit et reconstruit. Et cela passe aussi par des indices tels que les intonations, qui vont permettre une redondance et un croisement entre divers éléments. C'est ce processus de vérification et de re-vérification qui peut

éventuellement, justement, éviter l'incident. Or cette redondance n'est pas considérée dans la pensée-ingénieur pour qui une saisie unique suffirait à faire sens.

Par ailleurs, les contrôleurs, pour leur part, regrettent la disparition du collationnement qui consiste pour le locuteur à répéter le message reçu afin de limiter les risques de confusion ou d'erreur. Avec la boîte de dialogue CPDLC, ce collationnement est remplacé par un simple mot « Wilco » servant d'accusé de réception. Le système étant réputé fiable, il est supposé qu'il y a intégrité de réception du message ; le message écrit et codifié n'est donc pas censé soulever de problèmes d'équivocité ou d'ambiguïté. Or, nous disent les contrôleurs, la transmission n'est pas une finalité en soi, il faut avoir la certitude que l'instruction sera comprise et permettra l'exécution effective de la totalité l'action dans l'ordre indiqué. La perte de l'instantanéité du collationnement oral ne semble plus permettre cette vérification. Le « Wilco », affiché dans une liste de messages, ne vient que confirmer la réception du message. Tandis qu'avec le système radio, la vérification se situe au niveau de ce qui a bien été « entendu » par le destinataire, l'on passe avec le système CPDLC à une vérification de ce qui a bien été « réceptionné », ce qui n'a pas du tout la même portée. Autrement dit, là où pour les concepteurs, l'enjeu de la communication concerne la qualité des messages transmis, pour les contrôleurs, il a trait à la bonne qualité de l'intercompréhension des messages qui doit être suffisante pour assurer la décidabilité de l'action.

L'incident présenté ci-dessous (Figure 32, p.250) nous donne des éléments de compréhension quant aux difficultés de cette nouvelle configuration. Comme indiqué ci-dessus, l'étude de cet incident se base sur le rapport d'enquête du BEA¹⁴¹ (Bureau d'Enquêtes et d'Analyses) ainsi que sur l'entretien effectué auprès de la contrôleur concernée dans cet incident. Ainsi que le représente la Figure 32, trois avions espacés verticalement de mille pieds (environ trois cents mètres) vont se croiser. Deux d'entre eux le QFA26 et QFA 25 vont demander, pour des raisons de consommation de carburant (selon la contrôleur en charge de ces aéronefs), à monter à des niveaux plus élevés. Or le QFA26 est bloqué par le QFA25, lui-même bloqué par l'ANZ1.

¹⁴¹ Annexe 4, p.VII.



11H14 : message radio descendant de QFA26 = pilote demande à monter au FL 340
 11h17 : message descendant CPDLC de QFA26 = pilote redemande à monter au FL 340



Réponse de la contrôleuse = Maintenez le FL 320

11h27 : message CPDLC descendant de QFA25 = pilote demande à monter au FL 350:
 - Contrôleuse demande à quelle heure il pourra rejoindre le FL 350
 - Pilote contact en HF = pourra rejoindre FL 350 à 11h40
 - Contrôleuse = négatif maintenez FL 330

11h42 : message descendant de QFA26 = pilote redemande à monter au FL 340
 - Contrôleuse croit que c'est le QFA25 et envoie un message CPDLC montant « CLIMB TO AND MAINTAIN FL330, DUE TO TRAFFIC »
 - QFA26 répond en Data Link « WILCO » et commence sa montée.

ANZ1 voit sur son TCAS que les 2 avions vont être établis au même niveau et le leur signale par radio.

- QFA25 monte au FL 335
- QFA26 descend au FL 325

Le QF25 puis le QF26 contacte par radio la contrôleuse pour lui signaler l'incident.

Figure 32 : Déroulement de la situation d'incident (2)

Comme expliqué ci-dessus, c'est après plusieurs échanges en CPDLC et en radio, entre la contrôleuse et les pilotes des QFA25 et QFA26, que l'incident se produit. A une demande de montée du QFA26 (stable au niveau 320), la contrôleuse, pensant échanger avec le QFA25 (stable au niveau 330 et qui avait lui-même déjà émis une demande d'autorisation de montée), répond donc, par message CPDLC, de maintenir le niveau 330. Le QFA26 en accusant réception (« *wilco* »), entame alors sa montée au niveau 330 en sens inverse du QFA26 établi au même niveau. En effet, le message préformaté de maintien de position contient les éléments « *climb to and maintain* » tandis qu'en radio celui-ci n'aurait contenu que l'élément « *maintain* ». Par ailleurs, comme l'indique le rapport du BEA, la contrôleuse affirme qu'elle n'a pas eu conscience de l'événement lorsqu'il s'est produit. Pour elle, la situation était claire, elle n'a pas fait de confusion de route entre les appareils. Elle était sûre d'avoir attribué les niveaux suivants : l'ANZ1 au niveau 340, le QFA26 au niveau 320 et le QFA25 au niveau 330. Selon elle, elle aurait confondu les indicatifs 25 et 26 lors de la composition du message. En effet la tenue des strips papier et les annotations portées montrent que le récit était parfaitement situé et la situation intellectuellement maîtrisée. L'erreur d'indicatif n'est donc pas apparue dans le récit mais dans la liste. Le manque de collationnement complet, interactif et immédiat du mode vocal ne pouvait pas faire office de boucle de sécurité. Certes, une autre boucle aurait pu être utilisée, celle de la vérification de l'association du mot « *wilco* » non pas

au QFA25 mais au QFA26. Mais pour quelle raison faire une vérification de liste alors que d'autres actions sont réclamées ailleurs, puisque les actions en cours, l'intertextualité des récits, étaient compatibles pour la contrôlease.

Ce que cette étude donne à voir c'est que l'écoute flottante et le collationnement participent de l'attention distribuée par la redondance, la multiplication et la diversification des indices. En effet, pilotes et contrôleurs semblent pouvoir procéder à une mise en récit de la situation par l'accès à certains éléments propres au locuteur ou à la situation dans laquelle ils se trouvent. Le *party line* semble contribuer à la construction de cette représentation de l'environnement. Lorsque les messages sont transmis par CPDLC, nous disent les professionnels, l'échange devient impersonnel, la procéduralisation et le pré-formatage des messages tendent à rigidifier les échanges. Le caractère silencieux et visuel de cet outil ne permet plus l'accès à certaines données environnementales annexes; l'hypothèse étant que cela participerait à une forme de décontextualisation du message. Cela semble, en effet, induire une limitation de l'espace de construction de l'intercompréhension jugé nécessaire dans la mise en récit de la situation.

Conclusion de chapitre :

Le pilote piloté, l'automatisation comme idéal et la question des défaillances

Dans le cadre de ce chapitre, nous nous sommes attachée à montrer ce en quoi les projets d'informatisation et d'automatisation des activités de contrôle et de pilotage et de leurs inter-relations contribuent à une mise en écriture intégrale et continue des situations et de leur formalisation dans les systèmes techniques. Nous avons montré comment les « technologiques » viennent équiper les enjeux d'efficacité et de contrôle rationnel, et comment les pilotes et les contrôleurs composent avec une vision de la pratique de vol qui fait prédominer l'application de « plans » (Suchman, 1987) censés s'adapter à tous types de situations. Par cette mise en plan et cette mise sous architexte informatisé, l'enjeu consiste à planifier et à répertorier autant que possible l'ensemble des situations prévisibles susceptibles de se produire lors du déroulement d'un vol, ainsi que les échanges auxquelles elles pourraient donner lieu. Or, sachant que dans le même temps, on densifie de plus en plus l'espace aérien pour répondre aux objectifs de rentabilisation du transport aérien, l'on démultiplie les sources de risques et d'imprévus que les pilotes et les contrôleurs auront alors à gérer.

Au travers de l'identification des tensions ressenties par les acteurs, nous nous sommes attachée à mettre en évidence ce qui relève d'un impensé du système technique. Nous avons notamment montré que, dans les logiques de conception, il est pré-supposé que le système technique fournisse l'ensemble des éléments constitutifs pour conduire l'action, et en cela, suppose que l'intrigue consistant à ce que l'avion parvienne à sa destination, en toute sécurité, est comme pré-résolu. Or, les pilotes et les contrôleurs font état d'un nécessaire travail d'articulation pour faire tenir ensemble les différentes logiques et les différents niveaux de contraintes avec lesquels ils doivent composer. Dans cette perspective de l'automatisation comme idéal, il y a une sous-estimation des processus organisants et des processus plus collectifs de production de sens qui émergent du travail de construction du/des récit(s) du/des vol(s) en situation. On assiste à une mise en invisibilité de tout un ensemble de processus organisants et d'une part de l'organisation qui sont nécessaires à la conduite et à la sécurisation des activités.

Nous avons également constaté que les contrôleurs, et de façon encore plus marquante, les pilotes sont en fait pilotés par d'autres éléments qui sont en dehors de leurs logiques métier, tout du moins, leurs logiques métier telles qu'elles se sont construites dans la durée.

Le paradoxe qui émerge de ces nouvelles configurations d'actions consiste à demander aux acteurs de pouvoir piloter/maitriser en se substituant à l'automate en cas de défaillance de celui-ci, sans pour autant n'avoir plus, ni (forcément) l'expérience, ni la formation adéquat, alors même que l'environnement a changé et que les productions d'information ressortent d'une logique « machine » dont ils doivent s'affranchir pour (re)prendre une réflexion/action du ressort de l'expérience ou de l'expertise. C'est un double discours qui consiste à dire : “restez à votre (nouvelle) place car la sécurité ainsi que le domaine économique sont mieux assurés par la machine et contentez-vous de surveillez. Mais en cas de défaillance, reprenez votre (ancienne) place bien que vous n'ayez pas forcément pu suivre la logique de la machine et sa rapidité d'exécution, d'autant plus que la traçabilité pourra déterminer votre rôle de responsable de la sécurité”.

Cela pose plusieurs questions : que reste t-il de l'identité professionnelle ? Que reste t-il des habilités développées au cours de l'expérience professionnelle elle-même et, de fait, de la réactivation de ces savoirs routiniers pour faire face à des situations spécifiques ?

Conclusion Générale



Nous voici parvenu au terme de ce travail de thèse mais sans doute pas au terme de nos questionnements, tant cette recherche nous a travaillé. Elle nous a permis de douter, de déconstruire des évidences, de reconsidérer progressivement notre objet d'étude en précisant notre objet de recherche, et finalement, elle ouvre sur de nouvelles perspectives de recherche tant au niveau théorique que méthodologique.

Par cette thèse, nous avons entrepris un travail de recherche dans un domaine d'activité qui a connu, depuis son origine, de nombreuses transformations socio-techniques. Ces transformations se sont intensifiées dans le contexte contemporain de globalisation des économies ; elles concernent notamment au premier chef, les dispositifs d'information-communication et les pratiques professionnelles associées. Nous avons dans ce cadre, interrogé la manière dont les systèmes techniques informationnels actuellement déployés viennent équiper les productions d'informations et les échanges entre différents acteurs, en contribuant ce faisant, à un processus de rationalisation de ces activités.

Le système technique étudié participe à la mise en œuvre d'une nouvelle étape d'informatisation et d'automatisation des activités de navigation aérienne, étape encore peu étudiée notamment en sciences humaines et sociales. C'est également un objet peu travaillé en Sciences de l'Information et de la Communication alors même que les activités de production d'information et les situations de communication sont des dimensions clés concernées par ces évolutions. Par ailleurs, dans cette étude des usages des technologies de l'information et de la communication, notre approche tente de réconcilier le clivage entre une dimension micro-sociale, privilégiant l'analyse des situations d'interactions et, les dimensions méso-sociales de l'organisation qui sont de natures économiques, normatives et managériales.

Dans le cadre de cette conclusion, nous proposons dans un premier temps, de revenir sur ce qu'a permis de mettre en évidence chacun des chapitres présentés. Puis, dans un second temps, nous présenterons les possibles prolongements de ce travail.

1. Synthèse et contributions

Dans la première partie de ce travail, nous avons initié notre investigation dans le monde de l'aéronautique (chapitre 1) afin de spécifier les caractéristiques et les évolutions socio-techniques des activités de navigation aérienne, tant au plan du contrôle aérien que du pilotage. En suivant une démarche « socio-biographique » (Poirot-Delpech, 2009) de

l'automatisation du contrôle aérien, nous nous sommes particulièrement attachée à resituer sur le temps long, les transformations socio-techniques qui ont marqué l'histoire de l'aviation. Cela nous a permis de montrer comment les activités de contrôle et de pilotage et leurs interrelations ont progressivement été équipées d'un ensemble de règles, de pratiques, d'outils et de systèmes techniques complexes de façon à tendre vers toujours plus de maîtrise, d'efficacité et de sécurité dans la mise en œuvre de la gestion du trafic aérien. En procédant de la sorte, nous avons mis en évidence que le domaine du transport aérien est un milieu hautement procéduralisé et technicisé dans lequel les projets d'automatisation et d'informatisation occupent une place centrale. Le développement de l'informatique et des autres technologies de pointes ont en effet soutenu et renouvelé le rêve ancien de l'homme démiurge conquérant l'espace aérien au « doigt et à l'œil » (Alain Gras et al., 1989). Par ailleurs, avec la libéralisation du transport aérien à la fin des années 1980, nous avons vu que les grands projets d'harmonisation du trafic aérien à l'échelle mondiale se sont intensifiés avec, pour les servir, de nouveaux systèmes techniques à même de soutenir l'augmentation du trafic. Nous avons notamment mis en évidence que le déploiement de ces nouveaux systèmes techniques concerne plus spécifiquement les activités de production d'information et de communication dans la relation entre pilotes et contrôleurs aériens, maillons indispensables de l'activité de la navigation aérienne. Avec l'avènement du numérique et des transmissions satellitaires, les pilotes et les contrôleurs, aux prises avec de nouveaux systèmes techniques informationnels, se sont retrouvés placés dans de nouvelles configurations de travail, qu'il nous semblait pertinent de mettre à l'étude au travers d'une approche communicationnelle. En effet, aux outils radars pour la détection des aéronefs et radiotéléphoniques pour la transmission des messages, se sont progressivement substituées des détections par satellite et des transmissions par liaisons numériques de données. Les échanges vocaux entre pilotes et contrôleurs se sont alors convertis en échanges écrits retranscrits sur des écrans. Prenant acte de cette automatisation et informatisation croissante caractéristique des transformations contemporaines actuellement à l'œuvre dans les organisations, notre intérêt s'est tout particulièrement porté sur l'articulation entre technologies, organisation et communication, à travers un questionnement sur la place et au rôle des technologies de l'information et de la communication dans ce que nous avons identifié, à l'aune des recherches menées par notre équipe, comme un processus de rationalisation des activités de production d'information et de communication.

Pour mener à bien ce questionnement, nous avons poursuivi plus avant notre investigation du domaine aéronautique en nous concentrant plus spécifiquement sur le système de pensée et d'action des ingénieurs à l'origine de la mise en œuvre des projets d'informatisation et d'automatisation (Chapitre 2). En cela nous nous sommes inspirée de la réflexion menée par Gilbert Simondon sur *le mode d'existence des objets techniques* (1958/2005) en considérant que ceux-ci ne possèdent pas uniquement un usage et une fonction utile mais sont empreints de significations. Sur cette base, nous avons également mobilisé les travaux menés par Victor Scardigli (2001 – et plus généralement les travaux menés par le groupe « aéronautique et Société », dont il a été le co-fondateur) afin d'appréhender ce qu'il nomme la « pensée-ingénieur ». Cela nous a permis de montrer ce en quoi les systèmes techniques véhiculent avec eux toute une conception de ce qu'est l'information, la communication ainsi que l'organisation « optimale ». En explorant ce en quoi les ingénieurs évoluant dans le domaine aéronautique opèrent une lecture logico-mathématique du monde, nous avons identifié la forte prégnance du postulat selon lequel il devrait être possible de décrire la réalité organisationnelle par une « mise en équation » des activités de pilotage et de contrôle et de leurs inter-relations. L'enjeu consiste à calculer et à organiser avec la plus grande précision et la plus grande maîtrise le déroulement des activités. Il s'agit d'une conception rationnelle et fonctionnaliste de l'organisation et du travail par laquelle la communication est vue comme une opération distincte sur laquelle il serait possible d'exercer un contrôle. Nous avons mis en évidence le fait que les projets d'informatisation actuellement déployés pour équiper les activités de production d'information et de communication reposent sur le « paradigme de l'informativité » (Grosjean et Bonneville, 2006), et en cela, tendent à dénier le travail de communication comme co-production de sens sur la situation. En effet, dans cette vision instrumentale de la communication, héritée du modèle cybernétique de Shannon et Weaver (1949) et Wiener (1948), la communication est considérée comme véhiculant de l'information et seules comptent les propriétés tangibles du message. Le sens étant supposé se trouver tout entier contenu dans le message, il n'est alors nullement question d'interprétation ou de réinterprétation du sens. Afin de questionner cette vision positiviste et déterministe, nous nous sommes orientée vers des approches constructivistes en considérant les activités de production d'information et de communication comme constitutives des processus organisants. Nous nous sommes, pour cela, inspirée des travaux de Karl Weick (1979) – et plus largement des réflexions menées par les auteurs qui s'inscrivent, de près ou de loin, dans l'approche CCO (approche de la Communication comme Constitutive des Organisations) –

afin de mettre l'accent sur les interactions et la co-construction de sens en organisation. En effet, selon cette approche, l'organisation n'existe pas *a priori* mais se crée dans les processus communicationnels, dans ce qui se construit et se déconstruit au travers des interactions. Nous avons ainsi mobilisé les concepts d'*organizing* (ou processus organisants) et de *sensemaking*, proposés par Karl Weick en ce qu'ils nous permettaient d'appréhender la communication en tant que processus par lequel les individus tentent de faire sens de leur environnement par une mise en ordre de celui-ci. Il s'agit d'un environnement considéré comme « enacté » par les individus dans la mesure où ceux-ci participent à créer et à définir leur propre contextualité. Par cette construction de sens, les acteurs créent de l'ordre, un ordre adapté à ce qui fait contexte en situation. En considérant les activités de contrôle et de pilotage comme relevant d'activités à caractère prudentiel (Champy, 2009) – c'est à dire pour lesquelles la singularité des situations requiert de ne pas uniquement se conformer à un savoir formalisé – nous nous sommes plus particulièrement intéressée aux travaux que Karl Weick a mené sur le fonctionnement des organisations dites « hautement fiables » en ce qu'il tente d'identifier et de caractériser les processus organisants, créateurs de sens. En cela, nous avons suivi Karl Weick lorsqu'il nous invite « à ne pas réduire l'activité organisationnelle et organisante à ces programmes, routines, procédures, règles, statuts, normes et protocoles » (Cooren et Robichaud, 2011). Cette approche en terme d'*organizing* plutôt que d'organisation nous a permis de mener notre étude en sortant d'une vision centrée sur la description de la circulation des messages dans l'organisation pour appréhender la communication comme un phénomène dynamique qui s'actualise en situation.

Cependant, nous avons relevé deux limites à l'approche de Karl Weick du point de vue de notre objet d'étude : la première a trait au fait que le niveau de l'organisation comme structure qui a pris forme dans ces processus organisants et qui va donner forme à des processus organisants n'est pas appréhendé. Or, il nous semble essentiel de tenir compte des objectifs poursuivis par l'organisation et du contexte socio-économique dans lequel elle s'inscrit. Il ne s'agit pas de prendre part aux approches structuralistes ou fonctionnalistes mais de considérer que « les interactions "constitutives" de l'organisation prennent place dans un contexte fortement normé, tourné vers la réalisation d'une finalité, où les actions individuelles et collectives sont plus ou moins prescrites, et soumises à une obligation de résultat » (Jean-Luc Bouillon, 2009, p.5 du document). La deuxième limite a trait au fait que, là où Karl Weick ne s'intéresse qu'à la façon dont les individus font sens d'une situation au travers d'actions et d'interactions avec d'autres individus, nous avons accordé une attention particulière à la place

de la matérialité en ce qu'elle prend part aux processus organisants. En effet, nous avons considéré les écrits comme contribuant aux activités de production d'information et de communication. Cette réflexion autour des écrits de travail s'est avérée d'autant plus essentielle qu'avec le développement des technologies de l'information et de la communication, l'écrit (d'écran) tend à devenir le support de l'action. En explorant certaines réflexions menées autour de la place grandissante des écrits dans les organisations, nous avons mis de l'avant que ceux-ci participent à la mise en visibilité de certains aspects de l'activité supposés les plus indispensables et les plus nécessaires (au regard des résultats attendus de l'activité). Cela participe ainsi conjointement à une mise en invisibilité (Denis et Pontille, 2009) de tout un ensemble d'autres écrits et activités. Selon Akrich (1987), ces écrits (règlements, procédures, manuels) sont autant de « scripts », de « scénarios » qui viennent pré(in)scrire les façons d'être et d'agir dans les organisations, et qui sont désormais équipés par les systèmes techniques. En cela, nous avons considéré l'agentivité des artefacts et des systèmes techniques en ce qu'ils sont porteurs de logiques et de principes qui jouent un rôle dans le fonctionnement des collectifs et dans l'aboutissement d'une activité. Nous avons, dans ce sens, exploré la façon dont la technologie travaille l'organisation. Pour ce faire, nous avons notamment mobilisé les travaux qui se sont intéressés aux questions liées à l'arrivée des ERP¹⁴² dans les organisations. En effet, nous y voyions un lien avec les systèmes techniques informationnels déployés dans le milieu aéronautique en ce qu'ils reposent sur une volonté d'harmonisation et de standardisation des pratiques, basée sur un recours démultiplié et généralisé aux « écrits d'écran » (Jeanneret et Souchier, 1999). Cela nous a donné à voir la double contrainte qui émerge dans les organisations contemporaines. C'est à dire, d'une part, un processus de rationalisation des activités équipé d'artefacts et de systèmes techniques complexes qui tendent à anonymiser les échanges et à nier l'importance des savoirs en situations, et d'autre part, le nécessaire processus d'ancrage en situation afin de gérer la diversité des multiples événements.

Nous avons ainsi posé notre objet scientifique, lequel consistait à saisir les transformations technologiques actuelles comme participant d'un processus de rationalisation des activités de production d'information et de communication. Pour cela nous nous sommes munie de la définition de la notion de rationalisation proposée par Jean-Luc Bouillon, à

¹⁴² Les ERP (*Entreprise Resource Planning System*) ou progiciel de gestion intégré sont des logiciels paramétrable, modulaire et intégrés qui permettent d'unifier les bases de données des différentes fonctions d'une entreprise.

savoir, « un triple processus intégré d'optimisation, de codification et de justification des activités, se matérialisant au travers de rapports sociaux et économiques, de la relation de pouvoir et de différentes formes de régulations sociales par lesquelles se coordonnent les activités humaines » (p.7 du document). Puis, partant du postulat que les TIC constituent un des moyens utilisés pour soutenir la mise en œuvre de cette rationalisation des activités, nous avons repensé les « techno-logiques » de l'information et de la communication en tenant compte des méthodes et des savoirs qui les composent (Mayère et al., 2012).

Nous avons ainsi posé notre question de recherche : *Dans des activités à fort contenu prudentiel, comment les activités de production d'information et de communication sont-elles insérées dans un projet de rationalisation équipé par des systèmes techniques et comment ces « techno-logiques » sont-elles questionnées par les mises en pratiques ?*

Dans une deuxième partie, nous avons présenté les outils conceptuels et méthodologiques que nous avons mobilisés pour mener à bien ce questionnement.

Sur le plan théorique (chapitre 3), nous avons investi la théorie de l'activité d'Engeström (1987) en ce qu'elle nous permettait à la fois de décrire les activités au travers du « triangle d'Engeström » et de rendre compte de l'évolution de ces activités au fil du temps au travers du concept de contradiction. Au regard de notre objet de recherche, la théorie de l'activité nous a semblé être un outil conceptuel intéressant pour articuler le niveau plus global des normes et des organisations avec le niveau plus local des processus organisants. En effet, la théorie de l'activité, inscrite dans une démarche constructiviste, considère que les individus agissent et transforment leur environnement matériel et social au travers d'interactions ; par son concept de « règles » qui se situe à l'intersection du sujet et de la communauté (dans le « triangle d'Engeström »), elle nous a permis d'appréhender le contexte normatif dans lequel opèrent les acteurs. En cela, la théorie de l'activité tente de dépasser les dichotomies entre le niveau local de l'action et le niveau social de l'activité en postulant que pour comprendre l'action individuelle, il est nécessaire de la replacer dans le contexte plus large à laquelle elle participe. Au regard des théories de l'action située et de la cognition distribuée que nous avons initialement mobilisées dans nos travaux antérieurs, la théorie de l'activité nous permettait de ne pas uniquement porter notre regard sur l'action ou le système mobilisé par l'action, mais de s'intéresser au contexte social, culturel et historique de l'activité. Cela nous a également permis de considérer que la technique est emmêlée dans un contexte culturel et historique plus large. Selon Engeström, toute activité est marquée par des tensions qui

tiennent une place importante dans le développement de celle-ci. Par son concept de contradiction, la théorie de l'activité nous a permis de lier le niveau situationnel avec les logiques socio-historiques plus globales, ce que nous avons spécifié à partir de l'analyse de notre matériau dans le chapitre 5.

Sur le plan méthodologique (chapitre 4), nous avons précisé la façon dont nous avons investi notre terrain de recherche au niveau des méthodes de recueil et d'analyse des données mises en œuvre, en articulation et cohérence avec notre cadre théorique. Nous avons expliqué que c'est par un mouvement itératif entre méthode-terrain-théorie que nous avons progressivement pu construire et affiner notre objet d'étude. Nous nous sommes appuyée sur une démarche compréhensive (Kaufmann, 2006) et sans prétendre à l'exhaustivité, nous avons tenté de constituer un corpus significatif constitué de matériaux pluriels et complémentaires afin d'éclairer différentes facettes de notre objet d'étude. Nous avons focalisé notre attention sur les pratiques *in situ* en effectuant une série d'observations en centre de contrôle (dont deux sessions ont pu faire l'objet d'un enregistrement vidéo) et en cockpit. Cela, nous a permis de nous intéresser plus particulièrement aux trajectoires d'action et à leur déroulement contingent (Mondada, 2002). Afin également de prendre en compte le contexte socio-historique des activités, nous avons mener une série d'entretiens compréhensifs auprès de divers interlocuteurs pour recueillir leurs expériences et les « faire raconter » autour des spécificités du contexte de déploiement du système technique. Enfin, afin de compléter notre corpus et d'étayer notre compréhension de l'architexte du système technique, nous avons suivi une formation sur simulateur du système technique, et nous avons analysé différents supports, allant des documents officiels aux captures d'écrans réalisées lors des observations. C'est en nous appuyant sur l'ensemble de ces éléments que nous avons progressivement construit notre analyse.

Sur la base des apports théoriques et méthodologiques ainsi constitués, nous avons proposé dans une troisième partie de nous intéresser aux tensions à l'œuvre dans le système d'activité de navigation aérienne tant du pilotage que du contrôle (chapitre 5), puis, à la façon dont l'évolution des systèmes techniques et leurs architextes participent à certaines reconfigurations des pratiques communicationnelles des pilotes et des contrôleurs (chapitre 6).

A l'aune du concept de contradiction d'Engeström, nous avons tenté, dans le chapitre 5, de comprendre les logiques socio-historiques du système d'activité de navigation aérienne

tant du côté du pilotage que du contrôle afin de saisir les raisons et enjeux associés à la mise en œuvre du nouveau système technique. Pour cela, nous nous sommes attachée à identifier les différents niveaux de contradictions qui font surface à l'intérieur et entre les systèmes d'activité de contrôle et de pilotage, en ce qu'ils sont les moteurs du changement. Nous avons montré que la contradiction primaire, considérée comme latente et impossible à résoudre, se manifeste sous forme de tensions entre une montée en puissance des logiques économiques et gestionnaires et des logiques professionnelles basée sur des exigences de sécurité. Nous avons expliqué comment, avec la libéralisation du transport aérien, les systèmes d'activité de la navigation aérienne sont confrontés à un contexte socio-économique qui a participé à renforcer les tensions ressenties de part et d'autre des systèmes d'activité du pilotage et du contrôle. Des exigences renouvelées ont trait à la diminution des coûts (redevance de route, consommation de kérosène, limitation des retards) et à l'augmentation des gains de productivité (augmenter le nombre de vols) ; dans le même temps, il s'agit de maintenir un niveau de sécurité jugé socialement acceptable. Nous avons montré que pour tenir ces objectifs, un ensemble de règles et de normes très formalisées ont été développés, qui régissent les médiations matérielles et sociales au sein et entre les systèmes d'activité de pilotage et de contrôle. De ces logiques d'intensification du trafic aérien, ont découlé des perturbations dans la conduite des activités (contradiction secondaire) qui ont notamment trait à un manque de capacité des secteurs (une demande de trafic trop élevée relativement aux capacités effectives des centres de contrôle), un manque de capacité des aéroports (notamment en raison des stratégies de Hub mise en œuvre par les compagnies aériennes et qui participent à congestionner les aéroports) et une saturation des fréquences radios pour la transmission des messages (l'augmentation de trafic implique d'avoir la possibilité d'envoyer et de recevoir plus de messages, or les fréquences radios allouées à l'aviation ne sont pas extensibles). Pour soulager ces tensions (contradiction tertiaire) tout en accompagnant les enjeux de rentabilisation du transport aérien, le choix s'est porté sur le développement d'un maillage informatique entre le sol et le bord. En effet, la mise en œuvre du système technique AGDL vise notamment à décongestionner les fréquences radio en remplaçant les transmissions vocales par des transmissions par liaisons numérique de données sur la base de messages écrits (CPDLC), à automatiser une partie des tâches liées à la transmission des données entre le sol et l'air (reports de position des pilotes) et à fournir une détection plus précise de la position des aéronefs (géolocalisation par satellite) permettant de réduire les normes de séparation entre aéronefs pour faire passer plus de trafic. Pour saisir les

reconfigurations des systèmes d'activités de pilotage et de contrôle et de leurs inter-relations (contradiction quaternaire), en lien avec l'intégration du nouveau système technique, il est nécessaire de décrire la technologie dont on étudie la mise en acte afin de saisir le potentiel d'action qu'elle rend possible. Or, nous avons expliqué que le concept d'outil proposé par Yrjö Engeström était trop « simple » pour le type de système technique que nous avons à appréhender et qui repose sur des « écrits d'écran ». Nous nous sommes ainsi munie de la notion d'architexte proposée par Yves Jeanneret et Emmanuël Souchier (1999) afin de décrire les nouvelles formes écrites avec lesquels les acteurs allaient devoir composer.

Dans le chapitre 6, trois questions principales ont guidées notre analyse : comment le nouveau système technique vient-il équiper ou non les activités de pilotage et de contrôle ? Comment s'insère t-il dans des pratiques pré-existantes et quelles sont les nouvelles pratiques qu'il rend possible ? Comment participe t-il à reconfigurer les pratiques de travail et plus particulièrement les pratiques communicationnelles des pilotes et des contrôleurs ?

Dans ce chapitre, nous nous sommes plus spécifiquement consacrée aux évolutions vécues par les pilotes et par les contrôleurs suite au déploiement du nouveau système technique. Tandis que la mise en œuvre de ce système a permis de soulager certaines tensions, notamment pour ce qui a trait aux activités de communication, nous avons montré que dans certaines configurations d'actions, de nouvelles tensions émergent lorsque de nouvelles "façons de faire", viennent bousculer les pratiques de travail pré-existantes. Au travers de l'identification de ces tensions nous avons tenté de pointer les éléments qui relèvent d'un impensé de ce système technique. Dans une première partie, nous nous sommes attachée à mettre en évidence la façon dont le système technique vient discipliner et cadrer les pratiques de manière beaucoup plus fine et impérative qu'auparavant. En effet, nous avons montré que les activités de pilotage et de contrôle sont soumises à un cadre de prescription qui se fait, au fur et à mesure de l'informatisation, de plus en plus rigide. Le système technique vise à répondre aux enjeux de densification du trafic et de maintien d'un niveau de sécurité socialement acceptable, et ce faisant, soulève de nouvelles contraintes et contradictions au plan des pratiques dont nous avons spécifié certaines dimensions importantes identifiables à partir de notre matériau. Nous avons notamment mis en évidence que la mise en plan de la pratique du vol s'articule, dans la conception, à une vision essentialiste (Feenberg, 2004) de la communication, et s'accompagne d'une mise en architexte de plus en plus rigide de la production d'information et de situations de communications circonscrites autant que possible à des échanges de données informatisés. En effet, en explorant les architextes avec et sur

lesquels pilotes et contrôleurs prennent appui pour mener leur activité de production d'information et de communication, nous avons montré que le raisonnement des concepteurs est celui d'une modélisation du processus de communication en différents items et listes pré-définis à partir desquels il suffirait de sélectionner le « bon » message pour « ça communique ». Il est ainsi pré-supposé que les éléments constitutifs pour conduire l'action sont disponibles et que l'intrigue consistant à ce que l'avion parvienne à sa destination est pré-résolue. Or, nous avons mis en évidence que les situations vécues sont loin de se conformer à cette conception à la fois du vol et de la communication nécessaire pour ce vol. En effet, les pilotes et les contrôleurs font état d'un nécessaire travail de (co)construction du récit des vols en fonction des variables situationnelles qui influent dans le processus décisionnel.

2. Prolongements

Nous souhaitons ici proposer quelques pistes de prolongement à ce travail. Les perspectives envisagées concernent à la fois les possibilités d'une analyse plus étendue de l'objet d'étude et les prolongements en terme de méthodologie.

- Le premier prolongement qui nous semble intéressant de mener à l'issue de ce travail, concerne la notion de(s) temps, notamment en rapport avec l'intégration de nouvelles technologies dans les pratiques de travail. En effet, nous avons montré que derrière l'effort de rationalisation, et son équipement par les systèmes techniques, est également visée une maîtrise du temps, un temps supposé univoque et linéaire alors même que les acteurs composent avec différentes échelles de temps. En cela, il nous semble pertinent de poursuivre plus avant une recherche sur les temps de l'organisation en rapport avec les changements technologiques et organisationnels.
- Dans la continuité de notre travail, il serait intéressant d'étendre notre recherche, en rapport à nos objets d'étude et de recherche, en explorant ce qui se fait dans d'autres pays. En effet, notre travail s'est particulièrement intéressé au développement de systèmes techniques dans le cadre des projets européens. Or les systèmes techniques ne sont pas uniformes dans tous les pays ; il existe en effet différents concepteurs et de fait, différents architectes. De plus, les circonstances du déploiement et les mises en pratiques diffèrent également. Par exemple, comme nous l'avons évoqué, aux Etats-Unis, les contrôleurs chargés de la gestion des aéronefs pour le contrôle

océanique ne sont pas directement en relation avec les pilotes. Ceux-ci passent par l'intermédiaire d'opérateurs radiotéléphoniques pour les transmissions HF. Le cheminement est le suivant : les pilotes contactent les opérateurs radio en HF qui retranscrivent par écrit les messages avant de les transférer aux contrôleurs, et *vice versa*. Il nous semble intéressant de voir comment s'effectuent les médiations matérielles et sociales et comment les personnels déploient des habiletés.

- Sur le plan méthodologique, il nous semble que de mener une analyse plus fine de ce qui se met à l'œuvre dans les relations entre pilotes et contrôleurs en terme "d'instant" serait envisageable en menant des observations simultanées en cockpit en centre de contrôle pour un vol donné. En effet, il nous semble que cela pourrait permettre d'approfondir la question des pratiques, et nous donner à voir de nouveaux éléments de compréhension de ce qui se met à l'œuvre.
- Enfin, nous pourrions ouvrir notre recherche à d'autres terrains que celui de l'aéronautique. En effet, la rationalisation équipée d'artefacts et de systèmes techniques n'est pas spécifique à la navigation aérienne ; bien que ce terrain nous semble tout particulièrement intéressant comme archétype de la recherche d'une automatisation maximale. Il serait effectivement intéressant de mener ce questionnement sur d'autres activités à contenu prudentiel.

Pour conclure cet écrit doctoral, nous dirons que cette recherche en Sciences de l'Information et de la Communication, et plus spécifiquement en communication organisationnelle nous a permis de prendre la focale du travail de production d'information et de communication, travail qui se fait de plus en plus cadré, normé et équipé. Cette approche nous a permis de mettre l'accent sur la forme de rationalisation de ces activités qui suppose comme pré-résolue la question du sens, question qui ressurgit en situation, et ce, d'autant plus dans cette course poursuite à l'intensification et la sécurité du trafic aérien.

Bibliographie



- Agostinelli Serge**, (2010), Comment penser la médiation inscrite dans les outils et leurs dispositifs ?, *Distances et savoirs*, n°3(7), pp.355-376.
- Akkerman S. F., Bakker A.**, (2011), Boundary Crossing and Boundary Objects, *Review of Educational Research*, n°2(81), pp.132-169.
- Akrich Madeleine**, (1987), Comment décrire les objets techniques ?, *Techniques & culture*, n°9, pp.49-64.
- Akrich Madeleine**, (1990), De la sociologie des techniques à une sociologie des usages, *Techniques & Culture*, n°16, pp.83-110.
- Akrich Madeleine**, (1991), L'analyse socio-technique, *La gestion de la recherche*, pp.339-353.
- Akrich Madeleine, Boullier Dominique**, (1991), Le mode d'emploi : genèse, forme et usage, *Savoir-faire et pouvoir transmettre*, n°6, pp.113-131.
- Akrich Madeleine**, (1992), The De-Description of Technical Objects, in : Bijker Wiebe E., Law John (dir.), *Shaping Technology / Building Society: Studies in Sociotechnical Change*, MIT Press, Cambridge, pp.205-224.
- Akrich Madeleine**, (1993a), Les formes de la médiation technique, *Réseaux*, n°60, pp.87-98.
- Akrich Madeleine**, (1993b), Les objets techniques et leurs utilisateurs, de la conception à l'action, *Raisons pratiques, Les objets dans l'action*, (4), pp.35-57.
- Allard-Poesi Florence**, (2003), Sens collectif et construction collective du sens, in : Vidaillet Bénédicte (dir.), *Le sens de l'action*, Vuibert, Paris, pp.91-112.
- Alvarez Rosio**, (2008), Examining technology, structure and identity during an Enterprise System implementation, *Information Systems Journal*, n°2(18), pp.203-224.
- Amalberti René**, (2001), La maîtrise des situations dynamiques, *Psychologie française*, n°2(46), pp.107-118.
- Antoine A., Brassac C., Koehl J.**, (2007), Artefacts et Médiation, une approche du dialogue social par les objets frontières, *Actes du XVIII ème Congrès de l'Association francophone de Gestion des Ressources Humaines*, Dakar.
- Asseline Michel**, (1992), *Le pilote est-il coupable ?*, Editions N.1, Paris.
- Baboulet-Flourens Pascale**, (2007), Ce que peut cacher un organigramme : Dinosaures, cow-boys et casques à pointe dans un centre de la navigation aérienne, *terrain*, n°49, pp.141-154.
- Bannon Liam J.**, (1991), From Human Factors to Human Actors: The Role of Psychology and Human-Computer Interaction Studies in System Design, in : Greenbaum J., Kyng M. (dir.), *Design at Work: Cooperative Design of Computer Systems*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, pp.25-44.
- Bazet Isabelle, Mayère Anne**, (2004), Entre performance gestionnaire et performance industrielle. Le déploiement d'un ERP, *Sciences de la société*, n°61, pp.106-121.
- Bazet Isabelle**, (2012), Discipliner les inscriptions: le cas de l'informatisation du dossier du patient à l'hôpital, *La santé à l'épreuve des reconfigurations organisationnelles et communicationnelles : enjeux, défis et perspectives*, Présenté au 80e congrès de l'ACFAS, Montréal, pp.119-127, consulté le 17 juin 2013, http://www.grms.uqam.ca/upload/files/Actes_de_colloque/Recueil_ACFAS_PDF.pdf.

- Béguin Pascal, Clot Yves**, (2004), L'action située dans le développement de l'activité, *Activités.org*, pp.35-49.
- Bellet Thierry, Bailly-Asuni Béatrice, Boy Guy, Boverie Serge, Hoc Jean-Michel**, (2006), Conscience de la situation : regards croisés Aéronautique-Automobile, *Journées internationales d'études « vers des Ingénieries et des Technologies Communes aux Transports »*, Paris.
- Bénéjean Marie**, (2008), *La communication pilotes-contrôleurs médiatisés dans le cadre d'une évolution technologique des artefacts de transmission des messages*, Mémoire de Master 2, Université de Toulouse 3.
- Bjørklia C. A., Røed B. K., Bjelland H. V., Gould K. S., Hoffd T.**, (2007), La théorie de l'activité comme aide à la conception d'équipement de navigation, *Activites.org*, n°1(4), pp.170-178.
- Bødker Susanne**, (1990), *Activity theory as a challenge to systems design*, Aarhus University Publication. DAIMI PB-542, Aarhus, Danemark, n°334(19), <http://ojs.statsbiblioteket.dk/index.php/daimipb/article/download/6564/5687>.
- Bødker Susanne**, (1999), *Computer applications as mediators of design and use-a developmental perspective*, Aarhus University Publication, DAIMI PB-542, Aarhus, Danemark, consulté le 12 juillet 2012, <http://www.daimi.au.dk/PB/542/PB-542.pdf>.
- Bødker Susanne**, (1991), *Through the interface: a human activity approach to user interface design*, Hillsdale, NJ, Etats-Unis, Royaume-Uni.
- Bødker Susanne**, (1996), Applying activity theory to video analysis: how to make sense of video data in HCI, in : Nardi Bonnie A. (dir.), *Context and consciousness: Activity theory and human-computer interaction*, MIT Press, pp.147-174.
- Bødker Susanne, Grønbæk Kaj**, (1991), Cooperative Prototyping: Users and Designers in Mutual Activity, *International Journal of Man-Machine Studies*, n°3(34), pp.453-478.
- Boneau Claudine**, (2012), *La co-configuration intra-organisationnelle d'une technologie à code source ouvert en tant que lien entre son développement et ses usages : le cas de Moodle dans une université québécoise*, Thèse de Doctorat, UQAM, Montréal.
- Bonneau Claudine**, (2010), Conceptualiser l'articulation technologie-organisation dans une perspective communicationnelle : entretien avec Carole Groleau, *COMMposite*, n°1(13), pp.86-110.
- Bonneau Claudine**, (2011), Co-configuration d'une plateforme à code source ouvert en organisation : analyser la transformation d'un outil et des pratiques de travail avec la théorie de l'activité, *Revue Internationale Communication sociale et publique*, http://www.revuecsp.uqam.ca/numero/n5/pdf/RICSP_Bonneau_2011.pdf.
- Bonneville Luc, Grosjean Sylvie**, (2006), L'Homo-Urgentus dans les organisations : entre expressions et confrontations de logiques d'urgence, *Communication et Organisation*, n°29, pp.23-47.
- Bonneville Luc, Grosjean Sylvie, Lagacé Martine**, (2007), Où va la communication organisationnelle: de la nécessité de comprendre le lien entre communication et organisation dans une perspective d'analyse Nord-Américaine, *Studies in communication Sciences*, n°7(1), pp.159-188.

- Bonneville Luc, Grosjean Sylvie**, (2007a), Les défis que soulève l'informatisation de la pratique médicale sur le plan de l'innovation technologique, *Canadian Journal of Communication*, n°3(32), <http://www.cjc-online.ca/index.php/journal/article/viewArticle/1914>.
- Bonneville Luc, Grosjean Sylvie**, (2007b), Quand l'insécurité numérique fait figure de résistance au changement organisationnel, *Actes du 14ème colloque Informatique et Société*, Présenté à *De l'insécurité numérique à la vulnérabilité de la société*, Paris, pp.139-152, <http://www.creis.sgdg.org/colloques%20creis/2007/GrosjeanBonneville.pdf>.
- Bonneville Luc, Grosjean Sylvie**, (2007c), *Repenser la communication dans les organisations*, Paris.
- Bonneville Luc, Grosjean Sylvie**, (2011), Les approches fonctionnalistes, in : Bonneville L., Grosjean S. (dir.), *La communication organisationnelle: approches, processus et enjeux*, pp.32-55.
- Bonneville Luc, Grosjean Sylvie**, (2012), Pourquoi faut-il sortir de la parole instrumentalisée en milieu de travail ?, *Communication. Information médias théories pratiques*, n°30/2, <http://communication.revues.org/index3515.html>.
- Borzeix Anni, Fraenkel Béatrice** (Éd.), (2001), *Langage et Travail. Communication, cognition, action*, CNRS Editions, Paris.
- Borzeix Anni, Cochoy Franck**, (2008), Travail et théories de l'activité : vers des workspace studies, *Sociologie du travail*, n°3(50), pp.273-286.
- Boudès Thierry**, (2008), Pour une approche transactionnelle des récits en management, *XVII Conférence de L'AIMS*, Nice Sophia Antipolis, pp.28-31.
- Bougnoux Daniel**, (1995), *La communication contre l'information*, Hachette, Questions de société, Paris.
- Bougnoux Daniel**, (1998), Si j'étais médiologue..., *Les cahiers de médiologie*, n°2, pp.61-71.
- Bougnoux Daniel**, (2001), *Introduction aux sciences de la communication*, la Découverte, Paris.
- Bouillon Jean-Luc, Bourdin Sylvie, Loneux Catherine**, (2007), De la communication organisationnelle aux « approches communicationnelles » des organisations : glissement paradigmatique et migrations conceptuelles, *Communication et organisation*, n°31, pp.7-25.
- Bouillon Jean-Luc**, (2009), Comprendre l'organisation par la communication... sans réduire l'organisation à la communication. Enjeux, perspectives et limites d'une théorisation communicationnelle de l'organisation, *Actes du colloque « Nouvelles tendances en communication organisationnelle », 77e congrès de l'ACFAS, Université d'Ottawa*, http://www.grico.uottawa.ca/fra/documents/Bouillon_ACFAS_2009.pdf.
- Bound Helen I., Owen Christine**, (1999), Industry Learning: Toward a Framework for Future Research Agendas, *Proceedings of the Second National Conference of the Australian Vocational Education and Training Research Association (AVETRA)*, Présenté à *Quality and Diversity in VET Research*, pp.64-72, <http://ecite.utas.edu.au/16960>.

- Boutet Annabelle, Chauvin Christine, Gress Mylène**, (2010), Approche stratégique de l'introduction des NTIC dans le secteur de la pêche maritime, *Marsouin*, http://marsouin.telecom-bretagne.eu/IMG/pdf/Rapport_M_rsouin_Boutet_Chauvin.pdf.
- Boutet Josiane**, (1993), Quelques propriétés des écrits au travail, *Langage & Travail*, n°6, pp.18-25.
- Brassac Christian**, (2001), L'interaction communicative, entre intersubjectivité et interagentivité, *Langages*, n°144(35), pp.39-57.
- Brassac Christian**, (2004), Action située et distribuée et analyse du discours: quelques interrogations, *Cahiers de linguistique française*, (26), pp.251–268.
- Brassac Christian**, (2007), Co-responsabilité cognitive et dissolution de frontières, Éditions Modulaires Européennes & InterCommunications, in : Hert P., Paul-Cavallier M. (dir.), *Sciences et frontières. Délimitations du savoir, objets et passages*, Fremelmont, pp.159-176,
- Brassac Christian, Le Ber Florence**, (2005), Inscription spatiale d'une activité cognitive collective de représentation de l'espace, *Intellectica*, (41), pp.181–200.
- Browning Larry Davis**, (1992), Lists and Stories as Organizational Communication, *Communication Theory*, n°4(2), pp.281–302.
- Bruni Attila**, (2005), Shadowing Software and Clinical Records: On the Ethnography of Non-Humans and Heterogeneous Contexts, *Organization*, n°3(12), pp.357-378.
- Callon Michel**, (1986), Éléments pour une sociologie de la traduction: la domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc, *L'Année sociologique*, (36), pp.169-208.
- Callon Michel, Law John**, (1997), L'irruption des non-humains dans les sciences humaines : quelques leçons tirées de la sociologie des sciences et des techniques, *Recherches*, pp.99-118.
- Cardon Dominique**, (1997), Les sciences sociales et les machines à coopérer. Une approche bibliographique du Computer Supported Cooperative Work (CSCW), *Réseaux*, n°85(15), pp.13-51.
- Champy Florent**, (2009), *La sociologie des professions*, PUF, Paris.
- Christin Anne-Marie** (dir.), (2012), *L'Histoire de l'écriture: de l'idéogramme au multimédia*, Paris.
- Clark Peter**, (1985), A Review of the Theories of Time and Structure for Organizational Sociology, *Work Organization Research Centre University of Aston*, n°6, pp.35-80.
- Clot Yves**, (2005), Pourquoi et comment s'occuper du développement en clinique de l'activité, *Colloque ARTCO, Symposium International*, Lyon, pp.4–5, consulté le 12 juillet 2012, <http://sites.univ-lyon2.fr/artco/telechargement/texte-clot.pdf>.
- Cochoy Franck, Garel Jean-Pierre, De Terssac Gilbert**, (1998), Comment l'écrit travaille l'organisation: le cas des normes Iso 9000, *Revue Française de Sociologie*, n°4(39), pp.673-699.

- Cooren François, Robichaud Daniel**, (2006), Globaliser et disloquer en situation d'interaction : Comment asymétrise-t-on une relation ?, in : Laforest Marty, Vincent Diane (dir.), *Les interactions asymétriques*, Nota Bene, Langue et pratiques discursives, Québec, pp.113-131.
- Cooren François**, (2006), The Organizational World as a Plenum of Agencies, in : Cooren François, Taylor James Robert, Van Every E.J (dir.), *Communication as Organizing: Empirical and Theoretical Explorations in the Dynamic of Text and Conversation*, LEA, Londres, pp.81-100.
- Cooren François** (dir.), (2007), *Interacting and Organizing: Analyses of a Management Meeting*, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, New Jersey, Etats-Unis.
- Cooren François, Robichaud Daniel**, (2011), Les approches constitutives, in : Bonneville Luc, Grosjean Sylvie (dir.), *La communication organisationnelle: approches, processus et enjeux*, Chenelière, Montréal, pp.141-175.
- Cotnoir Philippe, Maggi Bruno**, (2002), Formes et modalités de la prescription en soustraction de conception, *Les évolutions du champ de la prescription*, Présenté à XXXVIII congrès de la SELF, Aix-en-Provence, pp.57-63.
- Van Daele Agnès, Carpinelli Fabrice**, (2001), La planification dans la gestion des environnements dynamiques: quelques apports récents de la psychologie ergonomique, *Psychologie française*, n°2(46), pp.143-152.
- Daniels H., Warmington P.**, (2007), Analysing Third Generation Activity Systems: Labour-Power, Subject Position and Personal Transformation, *Journal of Workplace Learning*, n°6(19), pp.377-391.
- Delannoi Gil**, (1995), Anthony Giddens et les conséquences de la modernité, *Revue française de science politique*, 45^{ème} année, n°5, pp.882-885.
- Delcambre Pierre**, (1993), L'écriture professionnelle: quelles interactions au travail, *Langage et travail*, n°6, pp.63-78.
- Delcambre Pierre**, (1997), *Ecriture et communications de travail : pratiques d'écriture des éducateurs spécialisés*, Presses Universitaires du Septentrion, Villeneuve d'Ascq.
- Delcambre Pierre**, (2007), Pour une théorie de la communication en contexte de travail appuyée sur des théories de l'action et de l'expression, *Communication et organisation*, n°31, pp.42-63.
- Delcambre Pierre**, (2011), Pratiques de la contractualisation : les directions d'établissements culturels à l'épreuve des normes issues des politiques publiques (1995-2011), Présenté au Colloque international : *In-formation et communications organisationnelles : entre normes et formes*, Rennes, pp.227-234.
- Denis Jérôme, Pontille David**, (2002), L'écriture comme dispositif d'articulation entre terrain et recherche, *Alinéa. Sciences sociales et humaines*, n°12, pp.93-106.
- Denis Jérôme**, (2009), Le travail invisible de l'information, in : Licoppe Christian (dir.), *L'évolution des cultures numériques, de la mutation du lien social à l'organisation du travail*, Paris, pp.117-123.
- Denis Jérôme, Pontille David**, (2010), Performativité de l'écrit et travail de maintenance, *Réseaux*, n°5, pp.105-130.

- Denis Jérôme, Pontille David**, (2012), Travailleurs de l'écrit, matières de l'information, *Revue d'anthropologie des connaissances*, n°1(6), pp.1-20.
- Dhombres Jean**, (1984), Structures mathématiques et formes de pensée chez les ingénieurs, *Culture technique*, n°12, pp.184-195.
- Engeström Yrjö**, (1987), *Learning by Expanding: an Activity-Theoretical Approach to Developmental Research*, Orienta-Konsultit Oy, Helsinki, Finlande.
- Engeström Yrjö, Middleton David** (Éd.), (1996), *Cognition and communication at work*, Cambridge, Royaume-Uni.
- Engeström Yrjö**, (1999), Communication, Discourse and Activity, *The Communication Review*, n°1-2(3), pp.165-185.
- Engeström Yrjö**, (2000a), Activity Theory as a Framework for Analyzing and Redesigning Work, *Ergonomics*, n°7(43), pp.960-974.
- Engeström Yrjö**, (2000b), From individual action to collective activity and back: developmental work research as an interventionist methodology, in : Luff Paul, Hindmarsh Jon, Heath Christan (dir.), *Workplace Studies: Recovering Work Practice and Informing System Design*, Cambridge University Press, pp.151-166.
- Engeström Yrjö**, (2004a), *Collaborative Intentionality Capital: Object-Oriented Interagency in Multiorganizational Fields*,
http://academia.edu/2597103/Collaborative_Intentionality_Capital_Object-Oriented_Interagency_in_Multiorganizational_Fields
- Engeström Yrjö**, (2004b), New Forms of Learning in Co-Configuration Work, *Journal of Workplace Learning*, n°1/2(16), pp.11-21.
- Engeström Yrjö**, (2005), Knotworking to Create Collaborative Intentionality Capital in Fluid Organizational Fields, *Advances in Interdisciplinary Studies of Work Teams*, (11), pp.307-336.
- Engeström Yrjö**, (2009), The Future of Activity Theory: A Rough Draft, *Learning and expanding with activity theory*, Cambridge University Press, pp.303-328.
- Engeström Yrjö**, (2011), Théorie de l'Activité et Management, *Management & Avenir*, n°2, pp.170-182.
- Engeström Yrjö, Sannino Annalisa**, (2011), Discursive Manifestations of Contradictions in Organizational Change Efforts: A Methodological Framework, *Journal of Organizational Change Management*, n°3(24), pp.368-387.
- Fayolle Corinne**, (2003), La dérégulation du transport aérien en Europe, *Guerres mondiales et conflits contemporains*, n°1(209), pp.75-89.
- Feenberg Andrew**, (2004), *(Re)penser la technique : vers une technologie démocratique*, Découverte / M.A.U.S.S., Paris.
- Flichy Patrice**, (2008), Technique, usage et représentations, *Réseaux*, n°148-149(26), pp.147-174.
- Flon Émilie, Davallon Jean, Tardy Cécile, Jeanneret Yves**, (2009), Traces d'écriture, traces de pratiques, traces d'identités, *Rétrospective et Perspective, actes du colloque H2PTM*, pp.181-192.

- Foot Kirsten, Groleau Carole**, (2011), Contradictions, Transitions, and Materiality in Organizing Processes: An Activity Theory Perspective, *First Monday*, n°6(16), consulté en mars 2013, <http://firstmonday.org/ojs/index.php/fm/article/view/3479/2983>
- Fouemkeu Norbert**, (2010), *Modélisation de l'incertitude sur les trajectoires d'avions*, Thèse de Doctorat, Université Claude Bernard, Lyon 1.
- Fraenkel Béatrice**, (1993), La traçabilité, une fonction caractéristique des écrits de travail, *Langage et travail*, n°6, pp.26-38.
- Gerson Elihu M., Star Susan Leigh**, (1986), Analyzing Due Process in the Workplace, *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, n°3(4), pp.257-270.
- Giddens Anthony**, (1994), *Les conséquences de la modernité*, (Meyer Olivier, trad.), L'Harmattan, Théorie sociale contemporaine, Paris.
- Girin Jacques**, (2001), La théorie des organisations et la question du langage, in : Borzeix Anni, Fraenkel Béatrice (dir.), *Langage et Travail : Communication, cognition, action*, CNRS Communication, pp.167-188.
- Grabot Bernard**, (2009), Reconception des processus et adoption des ERP, *Actes du 8ème Congrès International de Génie Industriel*, Bagnères de Bigorre.
- Gras Alain, Moricot Caroline, Poirot-Delpech Sophie, Scardigli Victor**, (1994), *Face à l'automate : le pilote, le contrôleur et l'ingénieur*, Publications de la Sorbonne, Paris, France.
- Gras Alain, Poirot-Delpech Sophie** (dir.), (1989), *L'imaginaire des techniques de pointe : au doigt et à l'œil*, L'Harmattan, Paris, France.
- Gregori Nicolas, Brassac Christian**, (2001), Considérations sur la collaboration dans la conception d'un outil informatique, *Cinquième colloque Hypermédias et apprentissages*, Grenoble, pp.243–250, <http://edutice.archives-ouvertes.fr/docs/00/00/21/24/PDF/HyperAp5p243.pdf>.
- Groleau Carole, Mayère Anne**, (2007), L'articulation technologies–organisations: des pistes pour une approche communicationnelle, *Communication et organisation*, n°31, pp.140–163.
- Groleau Carole**, (2008), La syntaxe des artefacts : lier entre elles différentes logiques d'action pour expliquer les pratiques découlant du changement technologique, *Communication & Organisation*, n°33, pp.18–28.
- Groleau Carole, Mayère Anne**, (2009), Médecins avec ou sans frontière : contradiction et transformation des pratiques professionnelles, *Sciences de la Société*, n°76, pp.102-119.
- Groleau Carole**, (2011), Technologie, organisation et communication, in : Bonneville Luc, Grosjean Sylvie (dir.), *La communication organisationnelle: approches, processus et enjeux*, Chenelière, Montréal, pp.225-252.
- Grosjean Michèle, Lacoste Michèle**, (1998), L'oral et l'écrit dans les communications de travail ou les illusions du tout écrit, *Sociologie du travail*, n°4(40), pp.439-461.
- Grosjean Sylvie, Bonneville Luc**, (2006), TIC, organisation et communication: entre informativité et communicabilité, *Actes du colloque Pratiques et usages organisationnels des technologies de l'information et de la communication*, pp.132-135.

- Grosjean Sylvie**, (2008a), Communication dans un centre de répartition des urgences 911, *Canadian Journal of Communication*, vol. 33, pp.101-120.
- Grosjean Sylvie, Bonneville Luc** (Éd.), (2011), *La communication organisationnelle : approches, processus et enjeux*, Chenelière Education, Montréal.
- Grosjean Sylvie**, (2012), Ces objets qui peuplent nos interactions: Des objets présents/absents, animés/inertes, créés/transformés, *Synergies Pays Riverains de la Baltique*, n°9, pp.133-145.
- Grosjean Sylvie, Bonneville Luc**, (2009), Saisir le processus de remémoration organisationnelle des actants humains et non humains au cœur du processus, *Revue d'anthropologie des connaissances*, n°2(3), pp.317-347.
- Grosjean Sylvie, Robichaud Daniel**, (2010), Décider en temps réel: une activité située et distribuée mais aussi disloquée, *Langage et société*, n°4, pp.31-54.
- Hall Edward T.**, (1984), *Le langage silencieux*, Seuil, Paris.
- Havelange Véronique, Lenay Charles, Stewart John**, (2002), Les représentations: mémoire externe et objets techniques, *Intellectica*, n°2(35), pp.115-129.
- Heath Christian, Luff Paul**, (1992), Collaboration and Control Crisis Management and Multimedia Technology in London Underground Line Control Rooms, *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, n°1-2(1), pp.69-94.
- Heath Christian, Knoblauch Hubert, Luff Paul**, (2000), Technology and Social Interaction: the Emergence of "Workplace studies", *The British Journal of Sociology*, n°2(51), pp.299-320.
- Helleberg John R., Wickens Christopher D.**, (2003), Effects of Data-Link Modality and Display Redundancy on Pilot Performance: An Attentional Perspective, *The International Journal of Aviation Psychology*, n°3(13), pp.189-210.
- Hörning Karl H., Ahrens Daniela, Gerhard Anette**, (1999), Do Technologies have Time? New Practices of Time and the Transformation of Communication Technologies, *Time & Society*, n°2-3(8), pp.293-308.
- Hutchins Edwin**, (1994), Comment le cockpit se souvient de ses vitesses, *Sociologie du travail*, n°4(36), pp.451-473.
- Hutchins Edwin**, (1995), *Cognition in the Wild*, MIT Press, Cambridge, New York.
- Jeanneret Yves**, (2000), *Y a-t-il (vraiment) des technologies de l'information ?*, Presses Universitaires Septentrion.
- Jeanneret Yves**, (2001), Informatique Literacy : manifestations, captations et déceptions dans le texte informatisé, *Spirales*, (28), pp.11-32.
- Jeanneret Yves**, (2009), La relation entre médiation et usage dans les recherches en information-communication en France, *Electronic Journal of Communication Information & Innovation in Health*, n°3(3), <http://www.reciis.cict.fiocruz.br/index.php/rectiis/article/view/276/320>.
- Jeanneret Yves, Souchier Emmanuël**, (1999), Pour une poétique de l'écrit d'écran, *Xoana*, vol. 6, pp.97-107.

- Jeanneret Yves, Souchier Emmanuël**, (2005), L'énonciation éditoriale dans les écrits d'écran, *Communication et langages*, n°145, pp.3-15.
- Jeanneret Yves**, (2012), Ecriture et médias informatisés, in : Christin Anne-Marie (dir.), *L'Histoire de l'écriture : de l'idéogramme au multimédia*, Flammarion, Paris, pp.395-402.
- Jeanneret Yves**, (2005), Archives Audiovisuelles de la Recherche - Sémiotique de l'écriture, <http://www.archivesaudiovisuelles.fr/813/>.
- Jouanneaux Michel**, (2002), Pour les pilotes de ligne, la prolifération non contrôlée de la prescription pose le problème des critères de son évolutivité, *Les évolutions de la prescription*, Présenté à 37ème Congrès Société d'ergonomie de langue française, Aix-en-Provence, pp.210-216, <http://www.ergonomie-self.org/documents/37eme-Aix-en-Provence-2002/jouanneaux.pdf>.
- Jousse Daniel, Drobycheff Michel, Renault Michel, Antmann Maurice, Soun Guy, Piduch Jean-Marie, et al.**, (2007), *Du morse à la souris : 60 ans de contrôle en-route*, DGAC, Paris, France.
- Kaptelinin Victor**, (1996a), Activity Theory: Implications for Human-Computer Interaction, in : Nardi Bonnie A. (dir.), *Context and consciousness: Activity Theory and Human-Computer Interaction*, MIT press Cambridge, MA, pp.103-116.
- Kaptelinin Victor**, (1996b), Computer-Mediated Activity: Functional Organs in Social and Developmental Contexts, in : Nardi Bonnie A. (dir.), *Context and Consciousness: Activity Theory and Human-Computer Interaction*, MIT press Cambridge, MA, pp.45-68.
- Kaptelinin Victor, Nardi Bonnie A.**, (2006), *Acting with technology: activity theory and interaction design*, Cambridge (Mass.), Etats-Unis.
- Kaufmann Jean-Claude**, (2006), *L'entretien compréhensif*, A. Colin, 128, Paris.
- Koenig Gérard**, (2003), L'organisation dans une perspective interactionniste, in : Vidaillet Bénédicte (dir.), *le sens de l'action*, Vuibert, Paris, pp.15-34.
- Kuutti Kari**, (2005), Defining an Object of Design by the Means of the Cultural-Historical Activity Theory, *the Proceedings of the 6th International Conference of the European Academy of Design*, Bremen, pp.29-31, http://cc.oulu.fi/~kuutti/Julkaisukansio/KK_EAD06_final.PDF.
- Kuutti Kari**, (2007), Design Research, Disciplines, and New Production of Knowledge, *International Association of Societies of Design Research. Emerging Trends in Design Research. Hong Kong*, pp.12-15.
- Kuutti Kari**, (1996), Activity Theory as A Potential Framework for Human-Computer Interaction Research, *Context and Consciousness: Activity Theory and Human-Computer Interaction*, MIT press Cambridge, MA, pp.17-44.
- Lacoste Michèle** (dir.), (1992), *Apprentissage dans le travail et interaction*, Langage & Travail, http://www.langage.travail.crg.polytechnique.fr/cahiers/Cahier_3.doc.
- Lacoste Michèle**, (2001), Peut-on travailler sans communiquer?, in : Borzeix Anni, Fraenkel Béatrice (dir.), *Langage et Travail : Communication, cognition, action*, CNRS Communication, pp.21-54.

- Latour Bruno**, (2009), Dialogue sur deux systèmes de sociologie, in : Lafaye Colette, Trom Danny (dir.), *Compétences critiques et sens de la justice*, Economica, Cerisy, pp.1-17.
- Latour Bruno**, (2010), Prendre le pli des techniques, *Réseaux*, n°5(163), pp.11-31.
- Law John**, (2000), Comment on Suchman, and Gherardi and Nicolini: Knowing as Displacing, *Organization*, n°2(7), pp.349-354.
- Leonardi Paul M.**, (2003), *The mythos of engineering culture: A study of communicative performances and interaction*, Mémoire de Master, Saint Mary's College of California.
- Leonardi Paul M., Barley Stephen R.**, (2008), Materiality and Change: Challenges to Building Better Theory about Technology and Organizing, *Information and Organization*, n°3(18), pp.159-176.
- Licoppe Christian**, (2008), Dans le « carré de l'activité » : perspectives internationales sur le travail et l'activité, *Sociologie du Travail*, n°3(50), pp.287-302.
- Loneux Catherine**, (2009), La communication constitutive des organisations: quelles approches de recherche passées et à venir, *Actes du colloque Nouvelles tendances en communication organisationnelle*, Présenté au 77ème Congrès de l'Acfas, Université d'Ottawa, pp.14-15.
- Lopez Stéphanie**, (2008), *Étude des communications pilote-contrôleur en anglais : comparaison entre l'usage réel et la phraséologie prescrite*, Mémoire de Master 2, Toulouse Le Mirail, Toulouse.
- Lozito Sandy, Verma Savita, Martin Lynne, Dunbar Melisa, McGann Alison**, (2003), The Impact of Voice, Data Link, and Mixed Air Traffic Control Environments on Flight Deck Procedures, *Air Traffic Control Quarterly*, n°4(11), pp.293-310.
- Luff Paul, Heath Christian, Greatbatch David**, (1992), Tasks-In-Interaction: Paper and Screen Based Documentation in Collaborative Activity, *Proceedings of the 1992 ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work*, pp.163-170.
- MacKay Wendy E.**, (1999), Is Paper Safer? The Role of Paper Flight Strips in Air Traffic Control, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, n°4(6), pp.311-340.
- Maignan Georges**, (1991), *Le contrôle de la circulation aérienne*, PUF, Paris, France.
- Mayère Anne**, (2006), Les activités de communication et de production d'information : apports et enjeux de la recherche en SIC, *Actes du XVème Congrès des SIC, SFSIC*, Bordeaux, pp.431-445.
- Mayère Anne, Bazet Isabelle, Jolivet Alexia**, (2008), Pour une approche communicationnelle du travail d'organisation: changement organisationnel et gestion des événements indésirables, *Communication et organisation*, n°33, pp.30-39.
- Mayère Anne, Bazet Isabelle**, (2008), ERP Implementation: the Question of Global Control Versus Local Efficiency, in : Grabot Bernard, Mayère Anne, Bazet Isabelle (dir.), *ERP Systems and Organisational Change*, Springer London, Springer Series in Advanced Manufacturing, pp.47-58.
- Mayère Anne**, (2010), Organizational Communication and the Renewed Issue in Information and Communication Technologies, *Management Communication Quarterly*, pp.613-619.

- Mayère Anne, Bazet Isabelle, Roux Angélique**, (2012), « Zéro papier » et « pense-bêtes » à l'aune de l'informatisation du dossier de soins, *Revue d'anthropologie des connaissances*, n°1(6), pp.115-139.
- Mayère Anne, Vasquez Consuelo**, (2012), Stiffening and Bypassing the Organizational Text: The Case of the Electronic Patient Healthcare Record, Présenté à *28th EGOS Colloquium*, Helsinki.
- Mell Jérémy**, (1992), *Étude des communications verbales entre pilote et contrôleur en situation standard et non-standard*, Thèse de doctorat, Université de Lille III.
- Mondada Lorenza**, (2002), Interactions et pratiques professionnelles : un regard issu des Studies of Work, *Studies in communication Sciences*, n°2(2), pp.47-82.
- Morvan Kauffmann Evelyne**, (1999), *Rôle adaptatif de l'opérateur humain dans les grands systèmes critiques : Le cas de la maintenance en ligne dans un Centre en Route de la Navigation Aérienne*, Université Toulouse 3.
- Murphy Elizabeth, Rodriguez-Manzanares Maria A.**, (2008), Using Activity Theory and its Principle of Contradictions to Guide Research in Educational Technology., *Australasian Journal of Educational Technology*, n°4(24), pp.16.
- Nardi Bonnie A.**, (1996a), Activity Theory and Human-Computer Interaction, in : Nardi Bonnie A. (dir.), *Context and Consciousness: Activity Theory and Human-Computer Interaction*, MIT Press, pp.7-16.
- Nardi Bonnie A.** (dir.), (1996b), *Context and Consciousness: Activity Theory and Human-Computer Interaction*, Cambridge (Mass.), New York.
- Nardi Bonnie A.**, (1996c), Studying Context: A Comparison of Activity Theory, Situated Action Models, and Distributed Cognition, in : Nar Bonnie A. (dir.), *Context and Consciousness: Activity Theory and Human-Computer Interaction*, MIT Press, Cambridge, pp.69-102.
- Navarro Claude**, (2001), Partage de l'information en situation de coopération à distance et nouvelles technologies de la communication: bilan de recherches récentes, *Le travail humain*, n°4(64), pp.297-319.
- Nomura Saeko, Hutchins Edwin, Holder Barbara E.**, (2006), The Uses of Paper In Commercial Airline Flight Operations, *Proceedings of The 2006 20th Anniversary Conference on Computer Supported Cooperative Work*, ACM, Banff, Alberta, Canada, pp.249-258.
- O'Connell Naya**, (2012), *Les modes de catégorisation des données dans les systèmes d'information. Could Categories Have Politics ?*, Université Paul Sabatier, Toulouse.
- Ollagnier-Beldame Magali**, (2006), *Traces d'interactions et processus cognitifs en activité conjointe : Le cas d'une co-rédaction médiée par un artefact numérique*, Université Lumière Lyon 2, consulté le 21 juin 2013, http://ollagnier-beldame.com/recherche/these_MOllagnierBeldame_VF.pdf.
- Orlikowski Wanda J.**, (2002), Knowing in Practice: Enacting a Collective Capability in Distributed Organizing, *Organization Science*, n°3(13), pp.249-273.
- Owen Christine**, (2007), Analysing the Activity of Work in Emergency Incident Management, *Activites revue électronique*, n°1(4), pp.217-225.

- Owen Christine**, (2008), Analyser le travail conjoint entre différents systèmes d'activité, *Activités*, n°2(5), pp.70-89.
- Owen Christine, Douglas J., Hickey G.**, (2008), Information Flow and Teamwork in Incident Control Centers, *5th International ISCRAM Conference*, Washington.
- Patrin-Leclère Valérie, Berthelot-Guiet Karine, Jeanne-Perrier Valérie, Jeanneret Yves, Minel Jean**, (2007), Ecrire le journal radiophonique: l'actualité naturalisée, in : Tardy Cécile, Jeanneret Yves (dir.), *L'écriture des médias informatisés : espace de pratiques*, Hermès Science, Paris, pp.37-73.
- Pavard Bernard, Dugdale Julie, Saoud Nargès Bellamine-Ben, Darcy Sandrine, Salembier Pascal**, (2009), Conception de systèmes socio-techniques robustes, in : De Terssac Gilbert, Boissières Yves, Gallaird Irene (dir.), *La sécurité en action*, Octarès, Toulouse, pp.67-81.
- Peigné Paul**, (2011), Chronos vs. Kairo, quand les temps de l'organisation s'affrontent au lieu de se compléter: risques et paradoxes temporels du changement organisationnel, *revue internationale Communication sociale et publique*, n°5, pp.1-22.
- Pène Sophie**, (1993), La lettre type entre stéréotypie et singularité, *Langage et travail*, n°6, pp.39-64.
- Pène Sophie**, (2005), *La vie quotidienne des communautés artificielles Société de disponibilité*, Habilitation à Diriger la Recherche, Université Paris-Sorbonne - Paris IV, Paris, consulté le 13 juin 2013, <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00132522>.
- Poirot-Delpech Sophie**, (2009), *Mémoire et histoires de l'automatisation du contrôle aérien: sociobiographie du CAUTRA*, L'Harmattan, Paris, France.
- Poirot-Delpech Sophie Lavault**, (1994), *Biographie du CAUTRA: naissance et développement d'un système d'informations pour la circulation aérienne*, Université Paris 1 - Panthéon Sorbonne, Paris.
- Putnam Linda L., Nicotera Anne M.**, (2009), *Building Theories of Organization: The Constitutive Role of Communication*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Quesne Muriel**, (2004), *Nouvelles procédures de gestion du trafic aérien en Europe : Influence sur la consommation de carburant et la production d'émissions*, Thèse de Doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg.
- Rasmussen Jens**, (1999), The Concept of Human Error: Is it Useful for the Design of Safe Systems, *Safety Science Monitor*, n°1(3)
- Relieu Marc, Salembier Pascal, Theureau Jacques**, (2004), Introduction au numéro spécial «activité et action/cognition située», *Revue @ctivites*, n°2(1), pp.1-10.
- Salembier Pascal**, (2002), Cadres conceptuels et méthodologiques pour l'analyse, la modélisation et l'instrumentation des activités coopératives situées, *Systèmes d'information et Management*, n°2, pp.37-56.
- Salembier Pascal, Pavard Bernard**, (2004), Analyse et modélisation des activités coopératives situées: Evolutions d'un questionnaire et apports à la conception, *@ctivités*, n°2(1), pp.87-99.
- Sannino Anna Lisa, Daniels Harry, Gutiérrez Kris D.**, (2009), *Learning and Expanding with Activity Theory*, Cambridge University Press, New York.

- Scardigli Victor**, (2001), *Un anthropologue chez les automates: de l'avion informatisé à la société numérisée*, PUF, Paris, France.
- Scardigli Victor**, (2007), Le corps de l'automate, *Communications*, n°1(81), pp.167-182.
- Segrestin Denis**, (2007), La rationalisation dans les entreprises par les technologies coopératives, in : De Terssac Gilbert, Bazet Isabelle, Rapp Lucien (dir.), *La rationalisation dans les entreprises par les technologies coopératives*, Octarès, Toulouse.
- Simondon Gilbert**, (1958/2005), *Du mode d'existence des objets techniques*, Aubier, Paris.
- Simondon Gilbert**, (2006), Mentalité technique, *Revue philosophique de la France et de l'étranger*, n°3(131), pp.343-357.
- Star Susan Leigh**, (2010), Ceci n'est pas un objet-frontière !, *Revue d'anthropologie des connaissances*, n°1(4), pp.18-35.
- Star Susan Leigh, Strauss Anselm**, (1999), Layers of Silence, Arenas of Voice: The Ecology of Visible and Invisible Work, *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, n°1-2(8), pp.9-30.
- Strauss Anselm L.**, (1992), *La trame de la négociation: sociologie qualitative et interactionnisme*, L'Harmattan, Paris.
- Suchman Lucy A.**, (1987), *Plans and situated actions: the problem of human-machine communication*, Cambridge University Press, New York.
- Suchman Lucy**, (1994), Do Categories have Politics?, *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, n°3(2), pp.177-190.
- Suchman Lucy**, (1995), Making work visible, *Communication of the ACM*, n°9(38), pp.56-64.
- Suchman Lucy A.**, (2006), *Human-Machine Reconfigurations: Plans and Situated Actions*, Cambridge University Press, New York.
- Sue Roger**, (1993), La sociologie des temps sociaux: une voie de recherche en éducation, *Revue française de pédagogie*, n°104, pp.61-72.
- Tardy Cécile, Jeanneret Yves, Hamard Julien**, (2007), L'empreinte sociale d'un outil d'écriture : Power Point chez les consultants, in : Tardy Cécile, Jeanneret Yves (dir.), *L'écriture des médias informatisés: espace de pratiques*, Hermès Science, Paris, pp.142-171.
- Taylor James R.**, (1993), *Rethinking the Theory of Organizational Communication: How to Read an Organization*, Ablex Pub. Corp., The Communication and Information Science Series, Norwood, N.J., Etats-Unis.
- Taylor James R., Every Elizabeth J. Van**, (2000), *The Emergent Organization: Communication As Its Site and Surface*, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, Etats-Unis.
- Taylor James R.**, (2011), Organization as an (Imbricated) Configuring of Transactions, *Organization Studies*, n°9(32), pp.1273-1294.

- Taylor James R., Delcambre Pierre**, (2011), Histoires et approches, in : Bonneville Luc, Grosjean Sylvie (dir.), *La communication organisationnelle: approches, processus et enjeux*, Chenelière, Montréal, pp.3-31.
- De Terssac Gilbert, Bazet Isabelle, Rapp Lucien** (dir.), (2007), *La rationalisation dans les entreprises par les technologies coopératives*, Octarès, Toulouse.
- Theureau Jacques**, (2004), L'hypothèse de la cognition (ou action) située et la tradition d'analyse du travail de l'ergonomie de langue française, *Revue Activites.org*, n°2(1), pp.11-25.
- Thévenot Laurent**, (1990), L'action qui convient, *Raison Pratique. Les formes de l'action*, n°1, pp.36-69.
- Trompette Pascale, Vinck Dominique**, (2009), Retour sur la notion d'objet-frontière, *Revue d'anthropologie des connaissances*, n°1(3), pp.5-27.
- Vacher Béatrice**, (2008), La communication organisationnelle en France: en formalisme et débrouillardise, in : Bouzon Arlette, Rogojinaru Adela (dir.), *Fondements de la communication des organisations: tendances internationales*, Tritonic, Bucarest, pp.33-56.
- Vacher Béatrice**, (2009), Articulation entre communication, information et organisation en SIC, *Les Enjeux de l'information et de la communication*, n°1, pp.119-143.
- Verbeek Peter-Paul**, (2006), Materializing Morality: Design Ethics and Technological Mediation, *Science, Technology & Human Values*, n°3(31), pp.361-380.
- Vidaillet Bénédicte**, (2003), Exercice de sensemaking, in : Vidaillet Bénédicte (dir.), *Le sens de l'action*, Vuibert, Paris, pp.35-49.
- Villiers Jacques**, (1966), *L'approche française de l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne*, France,
http://amisducena.org/others/Villiers/approche_automatisation_1966.pdf.
- Vinck Dominique**, (2009), De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière, *Revue d'anthropologie des connaissances*, n°1(3), pp.51-72.
- Weick Karl E.**, (1979), *The Social Psychology of Organizing*, Addison-Wesley Pub. Co, Londres.
- Weick Karl E.**, (1990), The Vulnerable System: An Analysis of the Tenerife Air Disaster, *Journal of Management*, n°3(16), pp.571-593.
- Weick Karl E., Quinn Robert E.**, (1999), Organizational Change and Development, *Annual Review of Psychology*, n°1(50), pp.361-386.
- Weick Karl E.**, (2005a), Whole World on Fire: Organizations, Knowledge, and Nuclear Weapons Devastation, *Administrative Science Quarterly*, (50), pp.136-140.
- Weick Karl E., Sutcliffe Kathleen M.**, (2006), Mindfulness and the Quality of Organizational Attention, *Organization Science*, n°4(17), pp.514-524.
- Weick Karl E., Sutcliffe Kathleen M., Obstfeld David**, (2005b), Organizing and the Process of Sensemaking, *Organization Science*, n°4(16), pp.409-421.

- Weiss Pierre**, (1932), *Cidna ou l'express d'Istamboul : notes pour servir à l'histoire des énergies de l'air*, L. Querelle, Paris, France.
- Winkin Yves**, (2001), *Anthropologie de la communication: de la théorie au terrain*, Éditions du Seuil, Paris, France.
- Winkin Yves**, (2004), De quelques origines américaines des sciences de la communication, Hermès, n°38, pp.103-110.
- Yates JoAnne**, (1989), *Control Through Communication: The Rise of System in American Management*, Studies in Industry and Society / Glenn Porter, Baltimore : Johns Hopkins University Press.

Tables

Tables des matières...p.282

Tables des figures... p.287

Tables des sigles et abréviations...p.288

Tables des matières

INTRODUCTION : ORGANISATION – TECHNOLOGIES – COMMUNICATION	4
UN PROJET DE RECHERCHE AU CROISEMENT D'ENJEUX SOCIO-ECONOMIQUES ET THEORIQUES	5
ARCHITECTURE DE LA THESE	9

PARTIE 1

L'INFORMATISATION DES RELATIONS PILOTES-CONTROLEURS : UN DOMAINE ARCHETYPAL D'INNOVATIONS VISANT L'AUTOMATISATION DES ECHANGES

CHP 1 : VERS UNE AUTOMATISATION DU CONTROLE DE LA NAVIGATION AERIENNE : ACTANTS EN PRESENCE, INSTITUTION EN ACTION	13
1. POUR UNE « SOCIO-BIOGRAPHIE » DE L'AUTOMATISATION DU CONTROLE AERIEN	14
1.1. Les prémices d'un contrôle de la circulation aérienne	14
1.2. Phase de maturation du contrôle aérien : vers une harmonisation des méthodes de contrôle relativement aux évolutions des aéronefs	18
1.2.1. <i>L'Organisation Internationale de l'Aviation Civile (OACI)</i>	18
1.2.2. <i>Les centres de contrôles régionaux</i>	19
1.2.3. <i>Du « plotting » au « stripping »</i>	22
1.3. Vers une modernisation intense	24
1.3.1. <i>Conquérir l'espace « supérieur » : vers de nouveaux instruments de visualisation des aéronefs</i>	24
1.3.2. <i>Vers une coordination automatique du trafic aérien</i>	25
1.4. Faire face à l'explosion du trafic aérien	27
2. ARTEFACTS, METHODES ET RESEAUX TECHNIQUES	29
2.1. Vols à vue et vols aux instruments	29
2.2. Les vols contrôlés et non contrôlés	30
2.1. Les services de la navigation aérienne	32
2.2. Les méthodes de contrôle	33
2.3. Différents types de contrôle	35
2.4. Les communications sol-bord et sol-sol	37
2.4.1. <i>La pratique de la radiotéléphonie</i>	37
2.4.2. <i>La phraséologie aéronautique</i>	38
2.5. Archétype de la « vie d'un vol »	46
2.6. Evolution des artefacts et systèmes sol-bord	49
3. PERSPECTIVES DE RECHERCHE	50

CHP 2 : DE LA PENSEE-INGENIEUR A LA PENSEE ORGANISATIONNELLE :	
POUR UNE APPROCHE COMMUNICATIONNELLE DES PROCESSUS ORGANISANT	53
1. INFORMATISATION ET “PENSEE-INGENIEUR”	54
1.1. Retour sur un processus de mathématisation du monde	55
1.2. Primat d’une vision fonctionnaliste	58
1.3. Une conception canonique de la communication	61
1.3.1. <i>Une théorie mathématique de la communication</i>	61
1.3.2. <i>De l’équipement des activités de production d’information et de communication</i>	64
2. LES ACTIVITES DE PRODUCTION D’INFORMATION ET DE COMMUNICATION COMME CONSTITUTIVES DES PROCESSUS ORGANISANT	68
2.1. Aux fondements des approches constitutives de la communication organisationnelle	68
2.1.1. <i>Les précurseurs</i>	69
2.1.2. <i>Organizing où comment construire le sens de l’action (sensemaking)</i>	71
2.2. Les écrits comme contribuant aux activités de production d’information et de communication	77
2.2.1. <i>Pour une prise en compte des écrits de travail</i>	78
2.2.2. <i>Réflexions autour de la mise en écrit (d’écrans)</i>	81
3. DE L’AGENTIVITE DES ARTEFACTS ET SYSTEMES TECHNIQUES	84
3.1. Penser l’agentivité des artefacts	84
3.2. Vers un déploiement de systèmes techniques intégrés : les études autour des ERP	86
3.2.1. <i>Les ERP comme reconfiguration des régularités</i>	86
3.2.2. <i>Les ERP comme reconfiguration des territoires et des identités</i>	88
3.2.3. <i>Les ERP comme équipement de la rationalisation</i>	90
4. POURTOUR DE NOTRE OBJET SCIENTIFIQUE :	
UNE RATIONALISATION EQUIPEE D’ARTEFACTS ET DE SYSTEMES TECHNIQUES COMPLEXES	94
4.1. Vers une rationalisation des organisations	94
4.2. Repenser les « techno-logiques » de l’information et de la communication	96

PARTIE 2

CONSTRUCTION THEORIQUE ET METHODOLOGIQUE DES OBJETS DE LA RECHERCHE

CHP 3 : PENSER L’ARTICULATION TECHNOLOGIE-ORGANISATION	
AU TRAVERS DE LA THEORIE DE L’ACTIVITE	99
1. VERS DES <i>WORKPLACE STUDIES</i>	100
1.1. L’action située	101
1.2. La cognition distribuée	103
2. LA THEORIE DE L’ACTIVITE	106
2.1. Pour une prise en compte du contexte social, culturel et historique de l’activité	106
2.2. Penser le design des technologies à l’aune de la théorie de l’activité	111
2.3. Le concept de contradiction	114
2.4. Les niveaux de contradiction	115

2.4.1. <i>Contradiction primaire</i>	116
2.4.2. <i>Contradiction secondaire</i>	117
2.4.3. <i>Contradiction tertiaire</i>	118
2.4.4. <i>Contradiction quaternaire</i>	118
3. POSITIONNEMENTS CONCEPTUELS	119
3.1. Pourquoi choisir la théorie de l'activité ?	120
3.1.1. <i>L'unité d'analyse</i>	120
3.1.2. <i>Lier les niveaux situationnels et socio-historiques</i>	121
3.1.3. <i>Articuler les médiations matérielles et sociales</i>	122
3.2. Pour une prise en compte des architectes	122
CHP 4 : CONSTRUIRE LES OBJETS DE LA RECHERCHE	126
1. DE LA CONSTITUTION DE NOTRE DEMARCHE DE RECHERCHE	126
1.1. Les prémices de notre recherche	126
1.2. Acculturation au monde de l'aéronautique	129
1.3. L'accès au terrain	130
2. SPECIFICITES DU TERRAIN DE RECHERCHE	131
2.1. Caractéristiques de la FIR de Tahiti et gestion du trafic	131
2.1.1. <i>La radiotéléphonie HF : une pratique communicationnelle à part</i>	132
2.1.2. <i>Vers de nouveaux modes de transmission</i>	133
2.2. Les évolutions en matière de transmission satellitaire : le système VIVO	136
2.3. Le projet TIARE	137
3. RECUEILS ET ANALYSES DE MATERIAUX	138
3.1. Constitution d'un corpus pluriel	138
3.2. Pour une approche compréhensive du terrain	141
3.3. Les matériaux récoltés	143
3.3.1. <i>La question de l'anonymat</i>	144
3.3.2. <i>Les débuts de l'investigation de terrain</i>	145
3.3.2.1. Les premiers entretiens	145
3.3.2.2. La formation ENAC	147
3.3.3. <i>Approfondissement du terrain</i>	148
3.3.3.1. Les entretiens	148
3.3.3.2. La formation sur simulateur	150
3.3.3.3. Les observations	150
3.3.3.4. Les documents	153
3.3.4. <i>L'analyse des matériaux</i>	153

PARTIE 3

VERS UNE RECONFIGURATION DES PRATIQUES COMMUNICATIONNELLES DES PILOTES ET DES CONTROLEURS AERIENS

CHP 5 : LES TENSIONS A L'ŒUVRE DANS LE SYSTEME D'ACTIVITE DE LA NAVIGATION AERIENNE	156
1. APPREHENDER LE SYSTEME D'ACTIVITE DE LA NAVIGATION AERIENNE COMME DEUX SYSTEMES D'ACTIVITE EN INTERACTION	158
1.1. L'interdépendance inhérente aux activités de pilotage et de contrôle	158
1.2. Deux systèmes d'activités en interaction	160
2. COMPRENDRE LES LOGIQUES SOCIO-HISTORIQUES DU SYSTEME D'ACTIVITE DE LA NAVIGATION AERIENNE AU TRAVERS DU CONCEPT DE CONTRADICTIONS	163
2.1. La contradiction primaire :	
entre « rentabilisation du transport aérien » et mise en œuvre qualité de service	165
2.1.1. <i>Vers une montée en puissance des logiques économiques</i>	165
2.1.2. <i>Les enjeux de sécurité comme production en refonte continue</i>	169
2.1.3. <i>Les sujets au cœur de la tension</i>	172
2.1.4. <i>Construction sociale de l'espace aérien : du « contrôle » à la régulation des flux d'aéronefs</i>	175
2.2. Contradiction secondaire : construction et évolution de la notion de « capacité »	176
2.2.1. <i>La notion de capacité des secteurs</i>	176
2.2.2. <i>La notion de capacité aéroportuaire</i>	179
2.2.3. <i>Vers une saturation des fréquences radiotéléphoniques</i>	182
2.3. Contradiction tertiaire : informatisation et automatisation des activités de contrôle et de pilotage	185
2.4. Contradiction quaternaire : reconfiguration des systèmes d'activité	188
CONCLUSION DE CHAPITRE : TRANSFORMATION TECHNOLOGIQUE ET EQUIPEMENT DES REGLES	191
CHP 6 : LES OUTILS ET LEURS ARCHITEXTES EN PRESENCE : QUESTIONS D'AUTORITE ET DE RESPONSABILITE	192
1. POUR UNE DISCIPLINE DU VOL : EMBOITEMENT ET DURCISSEMENT DES REGLES ET LEUR EQUIPEMENT PAR LES OUTILS	193
1.1. Le « plan » du vol : pour une maîtrise de la trajectoire du vol	194
1.1.1. <i>Le traitement du plan de vol : un travail de mise en conformité</i>	196
1.1.2. <i>De la trace du vol à la trace de l'action</i>	200
1.2. Mise en écran et combinaison d'architextes	206
1.2.1. <i>Une communication architextuée</i>	206
1.2.2. <i>Du strip papier au strip numérique</i>	214
1.2.3. <i>Primat d'un format de listes</i>	216
2. RECOMPOSITION DES PRATIQUES ET QUESTION DE CO-CONSTRUCTION DU SENS	219
2.1. Déplacement et recomposition des territoires d'intervention	220
2.1.1. <i>Redistribution des tâches : vers une « perte de contrôle » ?</i>	222
2.1.2. <i>Vers des gestionnaires du vol : la nouvelle figure du pilote</i>	225
2.1.3. <i>Vers une « perte de connaissance » ?</i>	227

2.2. Concurrence et coordination des temps	229
2.3. Construction du récit des vols : la question des fils conducteurs de l'action	239
2.3.1. <i>Le(s) strip(s) comme support(s) réflexif(s) pour l'élucidation de l'intrigue</i>	239
2.3.2. <i>Le « party line » : construction du sens de la situation</i>	247
CONCLUSION DE CHAPITRE :	
LE PILOTE PILOTE, L'AUTOMATISATION COMME IDEAL ET LA QUESTION DES DEFAILLANCES	251
CONCLUSION GENERALE	253
1. SYNTHESE ET CONTRIBUTIONS	254
2. PROLONGEMENTS	263
BIBLIOGRAPHIE	265
TABLES	281
TABLES DES MATIERES	282
TABLE DES FIGURES	287
TABLES DES SIGLES ET ABREVIATIONS	288
ANNEXES	291

Table des Figures

Figure 1 : Découpage de l'espace aérien en régions de contrôle et régions d'information de vol	20
Figure 2 : Illustration de la méthode du plotting	22
Figure 3 : Les différentes classes d'espace aérien	31
Figure 4 : Représentation schématique des trois catégories de contrôle lors des phases finales d'un aéronef	36
Figure 5 : Archétype de la « vie d'un vol »	46
Figure 6 : Une conception canonique de la communication pilotes-contrôleurs	63
Figure 7 : The Structure of Human Activity	109
Figure 8 : Deux systèmes d'activité en interaction partageant leur visée	113
Figure 9 : « Four levels of contradictions within the human activity system »	116
Figure 10 : Deux systèmes d'activité en interaction	160
Figure 11 : Les niveaux de contradiction identifiés dans l'activité de la navigation aérienne	164
Figure 12 : Flux aériens en 1989	181
Figure 13 : Flux aérien prévisionnel en 2015	181
Figure 14 : Problèmes de saturation des fréquences radios	183
Figure 15 : Reconfiguration de l'environnement socio-technique de l'activité de la navigation aérienne	189
Figure 16 : Tensions issues de la contradiction tertiaire et quaternaire	190
Figure 17 : Dépôt, suivi et actualisation du plan de vol	201
Figure 18 : Fenêtre d'édition d'un message CPDLC – côté contrôleurs	209
Figure 19 : Fenêtre des messages courants – côté contrôleurs	210
Figure 20 : Poste de travail des contrôleurs	211
Figure 21 : Ecran de situation aérienne (contrôleurs)	212
Figure 22 : Interface pilotes pour la composition des messages CPDLC	213
Figure 23 : Ecrans de bord des pilotes	213
Figure 24 : Représentation d'un strip papier	214
Figure 25 : Capture d'écran de la fenêtre « preactive »	215
Figure 26 : Captures d'écran des fenêtres de strips « announced » et « jurisdiction »	216
Figure 27 : déroulement de la situation d'incident (1)	232
Figure 28 : Description d'un strip papier utilisé pour le contrôle d'un vol long courrier	240
Figure 29 : La dimension de micro-intrigue de la vie d'un vol	241
Figure 30 : Construction de l'intrigue par combinaison de listes-plans et récits-interactions	243
Figure 31 : Tableau de strips papiers	244
Figure 32 : Déroulement de la situation d'incident (2)	250

Tables des sigles et abréviations

ADS : Automatic Dependence Surveillance.

AGDL : Air Ground Data Link.

AO : Aircraft Operators.

ATC : Air Traffic Control.

ATM : Air Traffic Management.

ATFM : Air Traffic Flow Management.

BEA : Bureau d'Enquêtes et d'Analyses.

CAUTRA : Coordinateur Automatique du Trafic Aérien.

CEAC : Commission Européenne de l'Aviation Civile.

CENA : Centre d'Expérimentation de la Navigation Aérienne.

CCR : Centre de Contrôle Régional.

CFMU : Centre Flow Management Unit.

CLAM : Cleared Flight Level Adherence.

CNS/ATM : Communication, Navigation, Surveillance for Air Traffic Management.

CORTA : Cellule Opérationnelle de Régulation du Trafic Aérien.

CPDLC: Controller Pilot Data Link Communication.

CRNA : Centre en Route de la Navigation Aérienne.

DGAC : Direction Générale de l'Aviation Civile.

ENAC : Ecole Nationale de l'Aviation Civile.

EUROCONTROL : Organisation européenne pour l'ATC.

ESARR : Eurocontrol SAFETY Regulatory Requirements.

FANS : Futur Air Navigation System.

FIR : Flight Information Region.

FMP : Flow Management Position.

FNE : Fiche de notification des événements indésirables.

GNSS : Global Navigation Satellite System.

ICAN : International Commission for Air Navigation (ou CINA : Commission Internationale de la Navigation Aérienne).

IFR : Instrument Flying Rules.

IMC : Instrument Meteorological Conditions.

ISPACG : Informal South Pacific ATS Coordinating Group.

OACI : Organisation de l'Aviation Civile Internationale.

ODS : Operational Display System.

OPACI : Organisation Provisoire de l'Aviation Civile Internationale.

RAM : Route Adherence Monitoring

RCA : Règles de la Circulation aérienne.

RDA : Règles De l'Air.

SARP : Standards And Recommended Practices.

SCA : Service de la Circulation Aérienne.

SGACC : Secrétariat Général à l'Aviation Civile et Commerciale.

SID : Standard Instrument Departure.

SIGMA : Système Informatisé de Gestion des Mouvements Aéroportuaires.

TCAS : Traffic alert and Collision Avoidance System.

TIARE : Traitement des Informations ATM et Radar pour l'Exploitation.

TMA : Terminal Manoeuvring Area (ou TCA : Terminal Control Area).

TSF : Télégraphie Sans Fil.

UIR : Upper Information Region.

VFR : Visual Flying Rules.

VIVO : système de visualisation des vols océaniques.

VMC : Visual Meteorological Conditions.

Annexes

Annexe 1 : Grille d'entretien type (dans le cadre du master)	I
Annexe 2 : Grille d'entretien type	III
Annexe 3 : Guide d'observation en centre de contrôle et en cockpit	VI
Annexe 4 : Rapport du BEA : Incidents de circulation aérienne dans la FIR de Tahiti les 31/01 et 8/02 2002	VII
Annexe 5 : Messages CPDLC (extraits du guide TIARE, 2008, pp.I-IX)	XXVIII
Annexe 6 : Classification des éléments constitutifs des messages CPDLC (extraits du guide TIARE, 2008, pp.XI-XIII)	XXXVII
Annexe 7 : Ecran de situation aérienne (contrôleurs)	XL
Annexe 8 : Observations : extrait d'un document de travail	XLI

Grille d'entretien type (dans le cadre du master)

Thématique de recherche : la relation de coordination pilotes-contrôleurs au travers de la phraséologie.

A. Présentation

- **Quel à été votre parcours professionnel ?**
 - Depuis combien de temps exercez-vous votre métier ?
 - Quelle est la nature exacte de votre métier (contrôleur, contrôleur détaché, instructeur – pilote, commandant de bord) ?
 - Quel type de contrôle (approche, en route, aérodrome) ?
 - Quel type d'avion ?

B. Le langage phraséologique

- **En quoi consiste le langage phraséologique ?**
 - Comment est-il défini ? Pour quelle finalité ?
 - Quels sont les standards d'utilisation ?
- **A quel moment, lors de votre formation, avez-vous appris la phraséologie ?**
 - Dès le début de la formation ?
 - Dans quel contexte d'apprentissage ?
- **Comment vous êtes-vous approprié ce langage ?**
 - Les difficultés ?
 - L'apprentissage de l'anglais ?
- **Avec quels acteurs utilisez-vous le langage phraséologique ?**
 - Uniquement lors des contacts radiotéléphoniques avec les pilotes/contrôleurs ?
 - Avec d'autres acteurs du milieu aéronautique ?

C. Quel usage du langage phraséologique ?

- **En situations standards, comment utilisez-vous concrètement le langage phraséologique**
 - Est-il systématiquement respecté ? Pouvez-vous me donner des exemples ?
 - En règle général permet-il selon-vous une bonne intercompréhension des messages de la circulation aérienne ?
- **Lorsqu'une situation imprévue, inhabituelle se présente, comment est utilisée la phraséologie ?**
 - Y a-t-il un retour à la langue courante ? Comment cela se passe-t-il ?
 - Pouvez-vous me donner des exemples de situations inhabituelles ?
 - Comment est géré le stress ? A-t-il un impact sur la communication ?
 - Qu'est-ce qui est le plus difficile quand une situation inhabituelle se présente ?

D. Conclusion

- **Quelles sont, selon-vous, les facteurs susceptibles de perturber la communication entre pilotes et contrôleurs ?**
- **Quels sont selon-vous les limites du langage phraséologique ?**

Grille d'entretien type

La grille d'entretien élaborée dans le cadre de nos entretiens a été conçue afin d'être utilisée quelque soit notre interlocuteur (pilotes, contrôleurs, concepteur, etc.) et de façon à pouvoir être sur le registre de la discussion. Cette grille a évolué au fur et à mesure de l'avancement de notre investigation et des apports conceptuels qui ont guidés notre travail.

Cibles : Pilotes

Contrôleurs

Concepteurs/régulateurs

Question de recherche : la relation de coordination entre pilotes et contrôleurs aérien dans le cadre de la mise en œuvre d'un nouveau système de transmission des messages : passage du mode vocal au mode visuel ? Quelles reconfigurations des pratiques communicationnelles ?

A. Présentation :

1. Quel a été votre parcours professionnel jusqu'à ce jour ?
 - Quel type de vol ? (long/moyen/court courrier) // Quel poste de contrôleur (contrôleur, contrôleur détaché, instructeur – pilote, commandant de bord)?
 - Quel type d'avion ? (avec quel équipements de communication ?)
 - Dans quelles compagnies ? / Pour quels types de contrôles (approche, en route, aérodrome) ?
 - Quelle est votre tâche/fonction ? (contrôleur radar, organique, chef de tour/ commandant de bord, co-pilote ?)
2. *Pour les pilotes* : Pouvez-vous me raconter comment s'organise le déroulement d'un vol, du dépôt du plan de vol à l'atterrissage ?
Pour les contrôleurs : pouvez-vous me raconter comment s'organise votre prise de fonction et le déroulement de votre vacation ?

B. Du mode vocal au mode visuel :

3. Au niveau des outils de transmission des messages ATC, vous disposez aujourd'hui du système Data Link (dont l'application CPDLC) : selon-vous, qu'est-ce qui a motivé ce changement ?
 - Au niveau historique : Quelle trajectoire historique : événements marquants ?
 - Au niveau technique (par rapport au système précédents) ?
 - Au niveau de l'organisation individuelle et collective (équipe/centre de contrôle) ?
4. Pouvez-vous me raconter un vol ordinaire d'un point de vue des communications ?
 - Quels outils de communication utilisez-vous le plus souvent ?
 - Dans quelles situations utilisez-vous plutôt le mode vocal ou le data Link ?
5. Depuis combien de temps utilisez-vous le CPDLC dans le cadre d'un échange de clearances ?

6. Depuis combien de temps travaillez-vous avec/sur (pour les concepteurs) cet outil ? //
 - quelles sont les difficultés ?
 - Pouvez vous me raconter une des réunions à propos du CPDLC ?(les personnes présentes, les conflits, les problèmes soulevés)
7. En quoi consiste exactement le mode de transmission des messages par CPDLC ?
 - *Pour les pilotes et contrôleurs* : Avez-vous reçu des consignes sur son utilisation (standards d'utilisation) ? Comment l'utilisez-vous réellement (en situation) ?
 - *Pour les concepteurs/régulateurs* : Pourquoi et comment doit-on utiliser ce mode de transmission des messages par CPDLC ? Pour quelles raisons ?
8. Dans quelles circonstances avez-vous appris à utiliser l'application CPDLC ?
 - au cours de la formation initiale de contrôleur (ENAC/école de pilotage) ? Sinon, quand avez-vous été sensibilisé à l'utilisation de cet outil ?
 - les difficultés ?
 - le temps d'apprentissage ?
 - l'acquisition d'automatismes ?

C. Pratiques communicationnelles:

9. Dans quelles circonstances, en situation de vol standard, utilisez-vous le CPDLC ? (plutôt que le mode vocal ?)
 - en fonction de la géographie ? (surface océanique ?)
 - en fonction de la qualité de la fréquence radio ?
 - par préférences ? (confort auditif ? ne pas encombrer les fréquences ?)
 - en fonction de la complexité du trafic et/ou des types d'instruction à donner ?
10. En situations inhabituelles, voire dégradées, comment vous mettez-vous en relation ?
 - quel mode de transmission utilisez-vous ? Pourquoi ? Comment ?
 - Pouvez-vous me raconter une situation inhabituelle vécue et les outils utilisés pour la résoudre ?
11. Pensez-vous qu'il y ait des différences au niveau de la phraséologie en mode vocal ou en CPDLC ?
 - sur les standards OACI ?
 - Y a-t-il un collationnement en CPDLC ? Si oui, quel est-il ?
 - Y a-t-il des messages (en radio ou CPDLC) qui ne respectent pas les standards OACI ?
12. Comment s'effectue l'utilisation de l'outil en terme d'interface ?
 - que pensez-vous des onglets de sélection des messages ?
 - Que pensez-vous du classement des messages types ?
 - Y a-t-il des messages (radio ou CPDLC) qui ne respectent pas les standards OACI ? des différences entre l'interface Boeing et Airbus ?
13. Le passage du strip papier au strip numérique :
 - continuez-vous de vous servir du strip papier ?
 - Comment organisez-vous vos strips ?

- Quelle organisation adoptez-vous quant à l'utilisation du strip papier et du strip numérique ?
14. Comment se combinent les transmissions radio, data Link et CPDLC ?
- Quelles sont, en général, les informations transmises en CPDLC et celles transmises en radio en situations standards ? Pourquoi ?
 - y a-t-il des confusions ?
 - Cela facilite-il les transmissions sol/bord ?
15. Y a-t-il eu des situations standards où l'utilisation du CPDLC (seul ou combiné aux autres modes de communications) a eu des conséquences indésirables ? Si oui, pouvez-vous me les raconter ?
16. Comment gérez-vous l'outil CPDLC lorsque vous vous sentez sous pression temporelle,
- laisser définir la notion de « pression temporelle »
- Question concepteur* : comment au travers de l'outil avez-vous essayé de mettre en place des fonctionnalités adaptées aux situations sous pression temporelle ?
17. Le fait, en CPDLC, de recevoir en continue des informations simultanées ou successives rapprochées intervient-il dans votre façon de gérer, d'analyser la situation ?

D. Conclusion :

18. Selon vous, qu'apporte le CPDLC aux transmissions ATC entre pilotes et contrôleurs?
- *objectif 2030 : plus aucune communication ATC par radio, tout se fera par data Link (tiré de la formation ENAC) : Qu'en pensez-vous ?*
19. Avec toutes ces révolutions technologiques, que pensez-vous de l'automatisation des fonctions, des aides à la prise de décision, des transmissions sol/bord ?
20. Avez-vous remarqués des changements dans vos pratiques de travail ? dans vos pratiques communicationnelles ?

Avez-vous des remarques ou des informations concernant la mise en œuvre de ce nouveau système ?

Guide d'observation en centre de contrôle et en cockpit

*Forme d'observation utilisée : observation directe participante
La présence et le rôle de l'observateur sont connus des acteurs.*

A. Au niveau de l'organisation :

1. Définir la situation à observer :
 - Enjeux
 - Le lieu (cockpit/centre de contrôle)
 - Nombre de personnes présente (le rôle de chacun)
2. Inventaire des objets, instruments, outils nécessaires à l'action
 - D'un point de vue global du lieu
 - + zoomer sur un poste de travail (pour le centre de contrôle)
 - S'interroger sur l'usage des dispositifs (questions)
 - Noter les diverses consignes propres à ce lieu + documents papiers présents
 - Faire un plan du lieu (ou photos)
3. Les règles formelles
 - Qui fait quoi ?
 - Qui sont les acteurs présents / présentifiés ?
 - Division du travail : hiérarchie/répartition des tâches
4. Les divers usages du lieu
 - Définir les séquences composant l'action routinière
 - Les autres usages
 - Les usages déviant du lieu

B. Au niveau de l'interaction :

5. Définir un temps d'observation pour un poste donné :
 - Salle de contrôle : s'établir à un poste de travail (approche, en route)
 - Cockpit : se concentrer sur les actions de transmission des messages.
6. Décrire les outils présents à ce poste
 - A quoi servent-ils ? Sont-ils utilisés ? Comment ?
 - Observer l'alternance entre l'utilisation de la radio et celle du CPDLC : pour quelle phase de vol, pour quel type d'avion (gros porteur)
 - Observer la fréquence de transmission des messages = nombre de messages CPDLC + radio sur un temps donné.
7. Définir les caractéristiques de la situation
 - situations standards/inhabituelles (à confronter avec l'avis des acteurs) ?
 - Si problème inhabituel, quelle organisation du travail, quelle utilisation des outils ? Comment ?

Rapport du BEA : Incidents de circulation aérienne dans la FIR de Tahiti les 31/01 et 8/02 2002

Ministère de l'Équipement
des Transports et du Logement



Bureau d'Enquêtes et d'Analyses
pour la Sécurité de l'Aviation Civile

Le Bourget, le 5 avril 2002

Éléments relatifs aux incidents de circulation aérienne dans la FIR de Tahiti les 31 janvier et 8 février 2002

Introduction

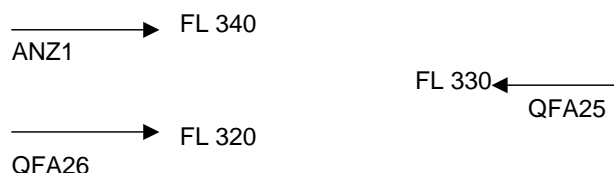
Le 11 février 2002, le Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la Sécurité de l'Aviation Civile (BEA) a été informé par l'Australian Transport Safety Bureau (ATSB) que deux incidents de circulation aérienne s'étaient produits les 31 janvier et 8 février 2002 dans la FIR de Tahiti. Le BEA en a également été informé par les services français de la navigation aérienne. L'ATSB a ouvert une enquête relative à ces deux incidents, dont le premier avait fait l'objet d'une procédure Airprox. En effet, ces incidents qui concernaient des avions de la compagnie Qantas ont eu lieu au dessus des eaux internationales et donc, conformément à l'Annexe 13 de l'OACI, l'état responsable de l'enquête est celui d'immatriculation des aéronefs.

Le BEA contribue à l'enquête au titre des Etats pouvant fournir des renseignements utiles à la compréhension de l'événement (article 5.23 de l'Annexe 13). Deux enquêteurs français se sont donc rendus successivement à Canberra et à Papeete.

1. Résumé des événements

1.1 Événement du 31 janvier 2002

Le 31 janvier 2002 à 11h20 UTC (soit 0h50 en heure locale), trois avions sont établis en vol à proximité du point de report PUMIS :



BEA - Aéroport du Bourget - 93352 le Bourget Cedex - FRANCE
téléphone : +33 (0) 1 49 92 72 00 - télécopie : +33 (0) 1 49 92 72 03



Le QFA26 demande à 11h14 sur la fréquence HF puis à 11h17 par datalink le FL340 « when available ». La contrôleuse le maintient au FL320. Le QFA 25 demande par datalink à 11h27 à monter au FL350. La contrôleuse lui demande d'abord à quelle heure il pourra rejoindre le FL350 puis répond négativement à la demande du pilote. Le pilote contacte alors la contrôleuse en HF et lui dit qu'il pourra atteindre le FL350 à 11h40. La contrôleuse lui demande de maintenir le FL330. Le QFA 26 demande par datalink à 11h42 de monter au FL330. La contrôleuse croit que c'est de nouveau le pilote du Qantas 25 et veut lui répondre de maintenir son niveau. Mais c'est en fait au Qantas 26 qu'elle transmet le message pré formaté « CLIMB TO AND MAINTAIN F330, DUE TO TRAFFIC ». Le Qantas 26 répond « WILCO » et commence sa montée.

L'ANZ1 voit sur son TCAS que les deux avions vont être établis au même niveau et leur signale sur 123.45 MHz. Les avions s'évitent : le Qantas 25 monte au FL335 et le Qantas 26 redescend au FL325. Le Qantas 25 appelle Tahiti par HF à 11h51 et signale qu'il vient de croiser le Qantas 26, établi au même niveau. La contrôleuse répond que le Qantas 26 est établi au FL320. Le Qantas 26 contacte à son tour la contrôleuse pour lui signaler qu'ils ont eu un « near miss » et qu'il va remplir un « incident report ». La contrôleuse répond qu'elle n'a pas encore de « position report » mais qu'elle peut l'autoriser à monter au FL330, ce que le pilote refuse. Les deux pilotes déposent un airprox à leur retour en Australie.

1.2 Evénement du 8 février 2002

Le 8 février à 11h50, la configuration est légèrement différente :



Le contrôleur veut faire monter le Qantas 25 au FL350 lorsqu'il aura croisé l'ANZ5 afin d'éviter le conflit avec l'UAL841. Il envoie un message datalink au pilote à 11h55 : « DUE TO TRAFFIC ARE YOU ABLE FL350 ? ». Le pilote lui répond « ROGER ». Le contrôleur prépare alors le message d'autorisation de montée « CLIMB TO AND MAINTAIN F350 » afin de l'envoyer après le croisement avec l'ANZ5. Mais il l'envoie à 12h00. Le Qantas 25 répond « WILCO » et amorce sa montée. Le contrôleur réalise immédiatement son erreur et cherche à contacter le pilote sur la HF. Celui-ci ne répond pas. Le contrôleur envoie un nouveau message datalink à 12h02 « MAINTAIN FL330, DUE TO TRAFFIC ». Le pilote répond « WILCO », le contrôleur renvoie un autre message datalink « I CONFIRM MAINTAIN FL330 » et le pilote répond « ROGER ». Le contrôleur contacte le pilote par HF afin de s'excuser.



2. Faits établis par l'enquête

2.1 Renseignements sur le personnel

2.1.1 Contrôleur en fonction lors de l'événement du 31 janvier 02

Femme, 41 ans.

Affectation au SEAC Polynésie Française le 1^{er} septembre 1998.

Triple qualification obtenue le 5 septembre 1999.

Remarque : la contrôleur était seule à la tour lors de l'événement.

2.1.2 Contrôleur en fonction lors de l'incident du 8 février 02

Homme, 31 ans.

Affectation au SEAC Polynésie Française le 1^{er} octobre 1999.

Triple qualification obtenue le 5 septembre 2000.

2.2 Aides à la navigation pour le contrôle en route

2.2.1 Généralités

Lors des deux incidents, les avions évoluaient dans la FIR de Tahiti, en contact avec l'organisme de contrôle en route de Papeete. Dans le Pacifique Sud, pour les avions équipés FANS (future air navigation system), le contrôle en route s'effectue au moyen du CPDLC (Controller-Pilot Data Link Communication), de reports ADS (Automatic Dependent Surveillance) et de la HF. A Papeete, ce système est mis en œuvre à travers VIVO (Visualisation des Vols Océaniques) composé d'un outil de visualisation des positions ADS, et de l'interface datalink (échanges de messages CPDLC).

Les procédures associées sont définies par le SPOM (South Pacific Operation Manual), rédigé par l'ISPACG (Informal South Pacific ATS Coordinating Group). L'ISPACG regroupe notamment des représentants des différents organismes de circulation aérienne et des compagnies aériennes du Pacifique Sud, de IATA, d'Airbus et Boeing. En outre, l'organisme de contrôle en route de Tahiti dispose de SIGMA, système français de traitement de plans de vol.



2.2.2 VIVO

VIVO est :

a) un outil de visualisation :

- de la FIR,
- des routes ATS qui y apparaissent de manière statique,
- des routes flexibles qui y apparaissent de manière dynamique soit par traitement SIGMA / VIVO des messages reçus des exploitants, soit à l'instigation du contrôleur qui les saisit dans SIGMA,
- du déplacement des aéronefs dont l'actualisation en temps réel est fournie soit par le contrôleur, qui valide la position de l'avion à chaque report de position pour les avions non équipés de FANS, soit automatiquement par les reports de position CPDLC et ADS pour les avions équipés de FANS.

b) un outil de dialogue pilote/contrôleur par messagerie CPDLC. La visualisation des routes et des positions des aéronefs se fait sur le même écran que le dialogue CPDLC (Ecran rectangulaire 19").

Il est à noter que VIVO n'est utilisé que de nuit par les contrôleurs de Tahiti. En effet, seul les vols trans-océaniques utilisent le système FANS et c'est principalement la nuit qu'ils passent dans la FIR.

VIVO a été conçu par Thales ATM et a été installé à Papeete FAA'A en 1995. Il a fait l'objet de trois versions successives :

- VIVO Phase 1 en 1995 : ce premier système permettait la visualisation des routes flexibles et des reports de position validés par le contrôleur dans SIGMA,
- VIVO Phase 2 en 1996 : l'interface datalink contrôleur / pilote par messages CPDLC a été ajoutée,
- VIVO Phase 3 en mars 1999 : l'ADS a été ajouté. C'est cette version qui est actuellement utilisée au centre de contrôle de Papeete Faa'a.

Remarque : lorsque les contrôleurs souhaitent une évolution du système, ils expriment leurs besoins au service de la circulation aérienne du SEAC PF qui apprécie les demandes et remplit un EBO (Expression d'un besoin opérationnel), fiche commune SCTA / STNA. Les EBO sont transmis au STNA et au SCTA qui, après acceptation, les envoient à Thales ATM afin que les modifications soient effectuées.

2.3 Télécommunications

Lors des deux incidents, les avions étaient en contact par datalink et par HF avec l'organisme de contrôle en route de Papeete. Le datalink s'effectue au moyen de messages CPDLC (voir 2.2.2). La transcription des messages CPDLC et des communications HF figure en annexe.



Il faut noter que la transcription de la bande HF a été difficile à réaliser en raison de sa mauvaise qualité sonore due à la mauvaise qualité de la réception HF. De nombreuses écoutes ont été nécessaires.

2.4 Le trafic dans la FIR de Tahiti la nuit

Dans le Pacifique Sud, les avions équipés du système FANS (United Airlines, Qantas, Air New Zealand) ne circulent pas systématiquement sur les routes ATS mais également sur des routes spécifiques (flex track) dépendantes de la météorologie. En conséquence, le nombre de routes donc d'avions traversant la FIR de Tahiti est variable.

L'outil VIVO a une fonction d'archivage qui permet d'enregistrer et d'archiver les échanges CPDLC entre les pilotes et les contrôleurs de Tahiti.

La nuit, il peut y avoir jusqu'à douze avions en contact CPDLC avec le centre en route, parfois pour des durées de cinq heures (traversée de la FIR). De plus, d'autres avions évoluent dans la FIR sur les routes ATS, mais sous contact HF uniquement.

2.5 Renseignement sur les organismes

2.5.1 SEAC Polynésie Française

La Polynésie Française est un Territoire d'Outre-Mer (TOM). L'organisme responsable du contrôle est le Service d'Etat de l'Aviation Civile (SEAC) Polynésie Française, rattaché à la DGAC.

2.5.2 L'organisme du contrôle de Papeete FAA'A

2.5.2.1 Généralités

C'est la division CA/SAR du SEAC Polynésie Française qui est chargée du contrôle en route dans la FIR de Tahiti et de l'aérodrome de Papeete Faa'a.

Les contrôleurs qualifiés possèdent la triple qualification contrôle régional (CCR), contrôle d'approche (APP) et contrôle d'aérodrome (AER). Ils peuvent en outre être chefs de quart. Au 25 février 2002, l'effectif était ainsi constitué :

- 12 CDQ + 17 contrôleurs (soit 29 contrôleurs qualifiés) + 2 instructeurs
- 10 contrôleurs en formation dont 3 bicertifiés et 4 monocertifiés



La note de service n°016/92 – CA/SAR définit les postes et les cycles de travail :

Postes	Horaires (en heure locale)
<i>Chef de Quart</i>	<i>H24</i>
<i>Contrôleur d'Approche</i>	<i>H24</i>
<i>Contrôleur d'Aérodrome</i>	<i>H12 (7h00 à 19h00)</i>
<i>Contrôleur Coordonnateur</i>	<i>H6 (8h00 à 11h00 / 15h00 à 18h00)</i>
<i>Contrôleur Régional</i>	<i>H24</i>
<i>Contrôleur Régional</i>	<i>H16 (5h00 à 12h00 / 14h00 à 23h00)</i>

Le cycle de travail s'articule autour d'une gestion par équipes du personnel ICNA. Le nombre de contrôleurs par équipe ne devra jamais être inférieur à quatre (chef de quart et trois contrôleurs).

Le cycle de travail est le suivant :

J1	7h00 – 13h00	<i>pour</i>	$\frac{1}{4}$ de l'équipe (1 agent)
	8h00 – 13h00	<i>pour</i>	$\frac{1}{4}$ de l'équipe (1 agent)
	13h00 – 18h00	<i>pour</i>	$\frac{1}{4}$ de l'équipe (1 agent)
	13h00 – 19h00	<i>pour</i>	$\frac{1}{4}$ de l'équipe (1 agent)
J2	7h00 – 19h00	<i>pour</i>	<i>l'équipe</i> (4 agents)
J3	19h00 – 7h00	<i>pour</i>	<i>l'équipe</i> (4 agents)
J4			
J5	Repos		
J6			

2.5.2.2 Contrôle de nuit

La nuit, c'est à dire de 19h00 à 7h00 (heures locales), le contrôle s'effectue dans la tour. Une équipe est désignée pour la nuit. Le chef de quart organise l'armement des postes ainsi que les tours de service.

Les premières investigations ont montré que l'équipe de nuit est fréquemment de trois contrôleurs.

Elles ont également montré que, de manière habituelle, l'ensemble des positions armées n'est tenu que par un seul contrôleur pendant certaines périodes de la nuit.

Il faut noter que les contrôleurs effectuent en moyenne deux nuits par mois et que leur



utilisation opérationnelle de VIVO est donc réduite.

2.5.2.3. Formation

2.5.2.3.1 Formation initiale

Lors de leur arrivée à Papeete, les contrôleurs doivent obtenir les trois qualifications CCR, APP, et AER. Cette formation dure en moyenne 57 semaines.

Pour la formation au contrôle en route, une formation initiale sur le système VIVO est nécessaire. En effet, ce système est uniquement en place à Tahiti, compte tenu de la spécificité des vols océaniques dans cette région, et il n'y a donc pas de familiarisation à cet outil dans la formation initiale des contrôleurs à l'Ecole Nationale de l'Aviation Civile.

Cette formation initiale dure une semaine. Elle consiste en trois jours de manipulations sur le simulateur VIVO, suivis de deux nuits de pratique en tour. Le programme de formation comprend l'apprentissage du CPDLC et des messages associés, ainsi que des fonctions liées à l'ADS.

2.5.2.3.2 Formation continue

Il n'existe pas de programme de formation continue sur VIVO au cours de la période d'affectation du contrôleur. Cependant, à la suite des deux incidents, une séance de simulateur a été reprogrammée pour chaque contrôleur par les subdivisions contrôle et instruction.

Les contrôleurs rencontrés par les enquêteurs ont indiqué qu'à leur avis une séance de simulateur isolée, et ne consistant qu'en la pratique de situations standard, ne pouvait rien leur apporter. Ils ont observé par ailleurs que la formation initiale, bien qu'indispensable, ne permettait pas de maîtriser toutes les subtilités de l'outil, et que cette maîtrise ne s'obtient que grâce à la pratique pendant les périodes de contrôle.

2.5.2.3.3 Simulateur VIVO

Le simulateur VIVO permet de reproduire fidèlement le comportement du système opérationnel. Il est constitué de deux postes, élève et instructeur.

Les situations simulées sont recrées à chaque nouvelle séance, et l'instructeur doit préalablement activer des vols grâce au simulateur SIGMA (traitement des plans de vol). Cette préparation est lourde et rend fastidieuse la reproduction de scénarios réalistes. Ceci explique la simplicité des scénarios simulés, et le peu d'intérêt qu'ils présentent en formation continue pour un contrôleur qui connaît déjà le système.

2.6 Témoignages des deux contrôleurs

2.6.1 Evénement du 31 janvier 2002



La contrôleuse est affectée à Tahiti depuis trois ans et demi. Elle n'a pas eu conscience de l'événement lorsqu'il s'est produit et n'a été informée du dépôt de l'airprox que dix jours plus tard par la division CA/SAR.

La nuit de l'événement, elle était venue « renforcer » une équipe incomplète. Au moment de l'événement, elle était seule à la tour. Elle souligne au passage le problème d'effectif rencontré à Tahiti.

A propos de l'événement lui-même, elle a eu (et a toujours du mal) à reconstituer la séquence. En effet, elle a refait une nuit avant d'être informée de l'airprox, et a tendance à mélanger les événements des deux nuits.

Il y avait beaucoup de trafic. Elle ne se souvient pas avoir été spécialement fatiguée.

Même après avoir été informée de l'airprox, elle a été absolument certaine qu'il n'y avait pas eu de problèmes. Elle était sûre d'avoir attribué les niveaux suivants aux avions :

- l'ANZ au niveau 340
- le QFA26 au niveau 320
- le QFA25 au niveau 330, route inverse.

Elle se souvient clairement de la séquence et a constaté après l'écoute des enregistrements que la situation était claire pour elle.

- Elle se rappelle le message envoyé en « free text » (les messages de ce type sont codés en blanc sur l'interface VIVO), donc n'attendant pas de réponse, du QFA26 : « REQUEST CLIMB F330 ». Elle se souvient d'avoir décidé de ne pas y répondre immédiatement, étant occupée par ailleurs.
- Elle se souvient aussi avoir eu des problèmes avec VIVO : elle n'arrivait pas à valider les messages avec le QFA25, et a donc dû essayer trois fois.
- Cherchant absolument à comprendre pourquoi elle a envoyé le message CPDLC « CLIMB TO AND MAINTAIN F330, DUE TO TRAFFIC » au QFA26, elle envisage deux hypothèses :
 - soit elle aurait pré-sélectionné dans VIVO une réponse « MAINTAIN F320, DUE TO TRAFFIC » destinée au QFA26, mais elle ne l'aurait pas validée. Elle aurait été dérangée quelques instants, et en revenant, aurait envoyé le message pré formaté et automatiquement pré-sélectionné « CLIMB TO AND MAINTAIN F330 » en réponse au message « REQUEST CLIMB F330 ». Elle n'aurait pas relu le message et aurait appuyé sur le bouton « send ».
 - soit elle aurait confondu les indicatifs 25 et 26 et croyait s'adresser au QFA25. Elle ne comprend cependant pas pourquoi elle aurait sélectionné le message « CLIMB TO AND MAINTAIN F 330 » au lieu du message « MAINTAIN F330 ».

Dans tous les cas, elle n'a pas fait de confusion de route entre les appareils. Le schéma était clair pour elle.



Charge de travail

Elle estime avoir eu une charge de travail importante. Depuis quelques temps, à cause des vents, toutes les « flex tracks » passent par la FIR Tahiti. Elle souligne un gros problème concernant la HF qui est de très mauvaise qualité et que ce sont les coordinations avec les centres (Etats-Unis, Australie, Nouvelle-Zélande) qui prennent le plus de temps dans ces phases

2.6.2 Evénement du 8 février 2002

Le contrôleur est affecté à Tahiti depuis deux ans et demi après avoir été en poste au CRNA de Reims.

C'est après avoir entendu parler des problèmes rencontrés par sa collègue qu'il a informé le représentant du CA/SAR du problème qu'il avait rencontré.

La nuit de l'incident, il était en poste depuis 23h00. Il se souvient avoir eu trois coordinations à faire. En particulier celle de l'UAL841 posait problème car l'avion avait un point d'entrée dans la FIR qui n'était pas le bon, ainsi qu'un problème de niveau conduisant à un conflit potentiel (il était coordonné au FL330 en conflit avec le QFA25 au FL330 également). Le contrôleur a pris du temps pour régler ces deux problèmes.

Pour régler le conflit, il a préparé un message destiné au QFA 25 l'autorisant à monter au niveau 340. Il prévoyait de l'envoyer après croisement avec l'ANZ5. Il n'a pas l'habitude de préparer les messages à l'avance, mais il l'a fait cette fois-là. Il a ensuite envoyé le message par réflexe, avant que les avions se soient croisés.

Il a réalisé tout de suite la situation, selon lui, grâce à la couleur jaune du message. Il a aussitôt envoyé plusieurs « SELCAL » au QFA25 par la HF, mais n'ayant pas de réponse, il a préparé un autre message CPDLC : « MAINTAIN F330, DUE TO TRAFFIC ».

Le rattrapage d'erreur s'est donc effectué par le CPDLC et pas par la HF. Il évalue les délais classiques de transmission des messages CPDLC entre dix et trente secondes

Charge de travail

Il estime qu'il n'avait pas une grosse charge de travail. Il attribue son envoi erroné du message à un mauvais réflexe.

Ces premiers éléments conduisent le BEA à émettre les recommandations suivantes :

3.1. HF



L'étude préliminaire des deux événements a fait apparaître une mauvaise qualité sonore de l'émetteur / récepteur HF à Tahiti :

- la mauvaise qualité de la réception HF pour le contrôleur n'a pas permis à celui-ci de comprendre la situation lors du premier événement,
- la mauvaise qualité sonore de l'enregistrement de la fréquence, résultant de la qualité de la réception, a rendu difficile, voire impossible par moments, la compréhension et par conséquent la transcription des échanges radio lors des deux événements.

En conséquence, le BEA recommande que la DNA s'attache à améliorer la qualité sonore en réception de la HF à Tahiti.

3.2. Armement de la tour

- La note de service n°016/92 – CA/SAR stipule que les positions armées entre 19h00 et 07h00 sont tenues par quatre contrôleurs, sans spécifier de tours de service.
- Les premières investigations ont montré que l'équipe de nuit est fréquemment de trois contrôleurs.
- Elles ont également montré que, de manière habituelle, l'ensemble des positions armées n'est tenu que par un seul contrôleur pendant certaines périodes de la nuit, y compris parfois avec une charge de travail élevée. Cette situation est potentiellement dangereuse.

En conséquence, le BEA recommande que la DNA définisse les critères de regroupement de la position de contrôle régional à Tahiti.

3.3. Formation

- Les premières investigations ont montré que les contrôleurs ne maîtrisent pas nécessairement l'outil VIVO dans sa totalité. Le simulateur pourrait leur permettre d'enrichir leurs connaissances du logiciel dans le cadre d'une formation continue. Or il est fastidieux à utiliser pour la reproduction de scénarios représentatifs.
- Le contenu et la forme des messages CPDLC lors des deux événements a montré que les contrôleurs et les pilotes n'utilisent pas toujours le système datalink de manière rigoureuse. On peut citer, entre autres :
 - l'utilisation par les pilotes de messages «free text » au lieu de messages pré-formatés,
 - l'absence de réponse du contrôleur à un message « free text »,
 - l'utilisation entrelacée des messages CPDLC et de la HF.
- La fréquence d'utilisation de l'outil VIVO est trop faible pour garantir un niveau



de compétence optimal.

En conséquence, le BEA recommande que:

- **la DNA reconsidère le programme de formation initiale des contrôleurs à Tahiti et définisse un programme de formation continue afin de garantir l'application rigoureuse des procédures associées au datalink**
- **la DNA étudie l'amélioration du simulateur VIVO afin qu'il puisse reproduire aisément des scénarios représentatifs.**

3.4. Messages CPDLC

- Le message CPDLC « CLIMB TO and MAINTAIN » contient deux informations cruciales ; lors du premier événement, la première a été occultée par le contrôleur.
- L'OACI, dans le document 4444, annexe 5, chapitre 14, dissocie clairement les deux messages « CLIMB TO » et « MAINTAIN ».

En conséquence, le BEA recommande que la possibilité d'exclure le message groupé « CLIMB TO and MAINTAIN » du système CPDLC de VIVO soit étudiée, conformément au document PANS-ATM (doc. 4444) de l'OACI.

3.5. Outils du contrôle

- Les premières investigations ont montré que le système SIGMA-VIVO présentait certaines faiblesses, en particulier en ce qui concerne l'interface homme-machine.
- Les procédures opérationnelles du Pacifique Sud sont en constante évolution (route spécifique à chaque vol, réduction des séparations entre aéronefs, etc.). Il existe dorénavant la possibilité pour chaque avion d'avoir une route spécifique. A terme, la route de chaque avion pourra évoluer au cours du vol, en fonction des dernières prévisions météorologiques.

En conséquence, le BEA recommande que la DNA reconsidère le système VIVO-SIGMA en tenant compte des contraintes nouvelles dues aux évolutions de l'environnement opérationnel du Pacifique Sud.



Traduction en anglais/ English translation

Factors relating to the air traffic incidents in the Tahiti FIR on 31 January and 8 February 2002

Introduction

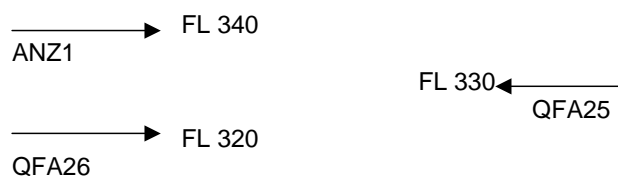
On 11 February 2002, the Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la Sécurité de l'Aviation Civile (BEA) was informed by the Australian Transport Safety Bureau (ATSB) that two air traffic incidents had occurred on 31 January and 8 February 2002 in the Tahiti FIR. The BEA was also informed by the French air traffic control service. The ATSB initiated an investigation into these two incidents, of which the first had been the subject of an Airprox procedure. In fact these incidents, which involved aircraft from the Australian airline Qantas, took place over international waters and thus, in accordance with ICAO Annex 13, the state responsible for the investigation was the State of registration of the aircraft.

The BEA contributed to the investigation as a State able to provide information useful to the understanding of the event (article 5.23 of Annex 13). Two French investigators went first to Canberra and then to Papeete.

2. Summary of events

2.1 Event on 31 January 2002

On 31 January 2002 at 11h20 UTC (0h50 local time), three aircraft were flying near the PUMIS reporting point:



Aircraft QFA26 requested FL340 « when available » at 11h14 on the HF then at 11h17 via data link. The controller maintained it at FL320. Aircraft QFA 25 requested to climb to FL350 at 11h27 via data link. The controller first asked them at what time they could reach FL350 then replied in the negative to the pilot's request. The pilot then contacted the controller on



the HF and told her that they could reach FL350 at 11h40. The controller asked him to maintain FL330. Aircraft QFA 26 asked via data link to climb to FL330 at 11h42. The controller believed that it was the pilot of QA 25 again and wanted to tell him to maintain his level. However, she in fact transmitted the pre-recorded message « CLIMB TO AND MAINTAIN F330, DUE TO TRAFFIC » to Qantas 26. Qantas 26 replied « WILCO » and began to climb.

On his TCAS, Aircraft ANZ1 saw that the two aircraft were going to be at the same flight level and informed them on the 123.45 MHz frequency. The aircraft avoided each other: Qantas 25 climbed to FL335 and Qantas 26 went back down to FL325. Qantas 25 called Tahiti on the HF at 11h51 and informed her that they had just crossed Qantas 26, flying at the same level. The controller replied that Qantas 26 was flying at FL320. Qantas 26 then contacted the controller to tell her that they had a “near miss” and that he was going to fill out an “incident report”. The controller replied that she did not yet have a “position report” but that she could authorise him to climb to FL330, which the pilot refused. Both pilots registered an Airprox on their return to Australia.

2.2 Event on 8 February 2002

On 8 February at 11h50, the configuration was slightly different:



The controller wanted Qantas 25 to climb to FL350 when it had crossed ANZ5 in order to avoid a conflict with UAL841. He sent a data link message to the pilot at 11h55: « DUE TO TRAFFIC ARE YOU ABLE FL350? ». The pilot replied « ROGER ». The controller then prepared the message to authorise a climb « CLIMB TO AND MAINTAIN F350 » in order to send it after the crossing with ANZ5, but he sent it at 12h00. Qantas 25 answered « WILCO » and started his climb. The controller immediately realised his mistake and tried to contact the pilot on the HF. The latter did not reply. The controller sent a further data link message at 12h02 « MAINTAIN FL330, DUE TO TRAFFIC ». The pilot replied « WILCO », the controller sent another data link message « I CONFIRM MAINTAIN FL330 » and the pilot replied « ROGER ». The controller contacted the pilot on the HF in order to apologise.

2. Findings

2.1 Personnel Information



2.1.1 Controller on duty during the event on 31 January 02

Female aged 41.
Posting to SEAC in French Polynesia on 1 September 1998.
Triple qualification obtained on 5 September 1999.

Note: the controller was alone in the tower at the time of the event.

2.1.2 Controller on duty during the event on 8 February 02

Male aged 31.
Posting to SEAC in French Polynesia on 1 October 1999.
Triple qualification obtained on 5 September 2000.

2.2 Aids to navigation for en route ATC

2.2.1 General

At the time of both incidents, the aircraft were flying in the Tahiti FIR, in contact with Papeete en-route ATC. In the south Pacific, for aircraft equipped with FANS (future air navigation system), en-route ATC is performed via CPDLC (Controller-Pilot Data Link Communication), with ADS reports (Automatic Dependent Surveillance) and on the HF. At Papeete, this system functions through VIVO (Visualisation des Vols Océaniques – Visualisation of trans-oceanic flights), made up of an ADS (Automatic Dependant Surveillance) position visualisation system, and the data link interface (CPDLC message exchange).

The associated procedures are defined in the SPOM (South Pacific Operation Manual), published by the ISPACG (Informal South Pacific ATS Coordinating Group). The ISPACG is made up of the various ATC organisations and airlines in the south Pacific, IATA, Airbus and Boeing. In addition, the Tahiti en-route ATC centre uses SIGMA, the French system for processing flight plans.

2.2.2 VIVO

VIVO is:

a) a visualisation system:

- for the FIR,
- for ATS routes which are displayed on it statically,
- for flexible routes which are displayed on it dynamically either by SIGMA / VIVO processing of messages received from operators or on the initiative of the controller who enters them into SIGMA,
- for aircraft movements whose real-time updating is supplied either by the controller, who validates the aircraft's position at each position report for aircraft not equipped with FANS, or automatically via the CPDLC and ADS position reports for aircraft equipped with FANS.



b) a pilot/controller message system via CPDLC. Route visualisation and aircraft positioning occur on the same screen as the CPDLC messages (19" rectangular screen).

It should be noted that VIVO is only used at night by the Tahiti controllers. In fact, only trans-oceanic flights use the FANS system and they mainly pass through the FIR at night.

VIVO was designed by Thales ATM and was installed at Papeete Faa'a in 1995. There were three successive versions:

- VIVO Phase 1 in 1995: the first system provided flexible route visualisation and position reports validated by the controller in SIGMA,
- VIVO Phase 2 in 1996: the controller / pilot data link interface via CPDLC messages was added,
- VIVO Phase 3 in mars 1999: ADS was added. This is the version currently used by Papeete Faa'a ATC.

Note: when controllers want the system to be modified, they express their needs to the FP SEAC ATC service which evaluates their requests and fill out an EBO (operational requirements) form, a joint SCTA / STNA form. The EBO's are forwarded to the STNA and the SCTA which, after acceptance, send them to Thales ATM so that the modifications can be carried out.

2.3 Telecommunications

At the time of the two incidents, the aircraft were in contact via data link and via HF with the Papeete en-route ATC centre. Data link operates via CPDLC messages (see 2.2.2). The transcript of the CPDLC messages and the HF communications is included in the appendices.

It should be noted that the transcription of the HF tape was difficult as a result of the poor sound quality due to the bad quality of the HF reception. Many listening sessions were required.

2.4 Air Traffic in the Tahiti FIR at Night

In the south Pacific, aircraft equipped with FANS (United Airlines, Qantas, Air New Zealand) do not fly exclusively on the ATS routes but also on flex routes, depending on the weather. Consequently, the number of routes via which aircraft cross the Tahiti FIR is variable.

The VIVO system is used for recording archiving the CPDLC exchanges between pilots and Tahiti controllers.

At night, there can be as many as twelve aircraft in CPDLC contact with the en-route centre, sometimes for as much as five hours (crossing of the FIR). In addition, other aircraft fly through the FIR on the ATS routes, but only with HF contact.



2.5 Information on Organisations

2.5.1 French Polynesia SEAC

French Polynesia is an overseas territory (TOM). The service responsible for ATC is the SEAC (Service d'Etat de l'Aviation Civile – State Civil Aviation Service), attached to the DGAC.

2.5.2 Papeete Faa'a ATC

2.5.2.1 General

The CA/SAR division of the French Polynesia SEAC is responsible for en-route ATC in the Tahiti FIR and for the Papeete Faa'a aerodrome.

Qualified controllers possess triple qualifications: Area Controller (AC), Approach Controller (APP) and Aerodrome Controller (AER). They may also be Duty Chiefs. On 25 February 2002, the personnel was as follows :

- 12 Duty Chiefs + 17 controllers (29 qualified controllers) + 2 instructors
- 10 controllers in training of which 3 with dual qualification and 4 with a single qualification.

Service memo n°016/92 – CA/SAR defines the positions and the duty cycles:

<i>Position</i>	<i>Times (local time)</i>
<i>Duty Chief</i>	<i>H24</i>
<i>Approach Controller</i>	<i>H24</i>
<i>Aerodrome Controller</i>	<i>H12 (7h00 to 19h00)</i>
<i>Co-ordinating Controller</i>	<i>H6 (8h00 to 11h00 / 15h00 to 18h00)</i>
<i>Area Controller</i>	<i>H24</i>
<i>Area Controller</i>	<i>H16 (5h00 to 12h00 / 14h00 to 23h00)</i>

The duty cycle is managed in teams by ICNA personnel. The number of controllers in each should never be less than for (the Duty Chief and three controllers).

The duty cycle is as follows:

D1	7h00 – 13h00	for	¼ of the duty team (1 agent)
	8h00 – 13h00	for	¼ of the duty team (1 agent)
	13h00 – 18h00	for	¼ of the duty team (1 agent)
	13h00 – 19h00	for	¼ of the duty team (1 agent)



D2 7h00 – 19h00 for the duty team (4 agents)

D3 19h00 – 7h00 for the duty team (4 agents)

D4

D5 Rest

D6

2.5.2.2 ATC at night

At night, that's to say from 19h00 to 7h00 (local time), ATC is undertaken in the tower. The Duty Chief organises the manning of the control positions as well as the shifts.

Initial investigations showed that the night team is often made up of three controllers.. They also showed that, frequently, all of the manned positions are looked after by a single controller during certain parts of the night.

It should be noted that controllers work on average two nights a month and that their operational use of VIVO is consequently limited.

2.5.2.3. Training

2.5.2.3.1 Initial training

When they arrive in Papeete, the controllers must obtain the three (AC, APP, and AER) qualifications. This training lasts 57 weeks on average.

For the en-route control training, an initial training on the VIVO system is required. This system is in fact installed only in Tahiti, bearing in mind the specific nature of the trans-oceanic flights in the region, and there is therefore no familiarisation with the system during initial training at the National Civil Aviation School.

This initial training lasts a week. It comprises three days on the VIVO simulator, followed by two nights practical work in the tower. The training programme includes learning to use the CPDLC and its associated messages, as well as operations with the ADS.

2.5.2.3.2 Ongoing training

There is no ongoing training programme for VIVO during the time the controller is posted. However, following the two incidents, a simulator session was programmed for each controller in the control and instruction subdivisions.

The controllers encountered by the investigators stated that in their opinion a single simulator session, consisting of practicing standard situations, could not add anything for them. Further, they observed that the initial training, though essential, did not lead to them



mastering all of the subtleties of the system, and that such mastery was only achieved thanks to practice during control sessions.

2.5.2.3.3 VIVO simulator

The VIVO simulator allows the operational system to be reproduced faithfully. It consists of two workstations, for trainee and instructor.

The simulated situations are recreated for each new session, and the instructor must first activate flights through the SIGMA simulator (flight plan processor). This preparation is complex and long and makes the reproduction of realistic scenarios onerous. This explains the simplicity of the simulated scenarios, and the slight interest they represent for a controller in ongoing training who already knows the system.

2.6 Testimony by the Two Controllers

2.6.1 Event on 31 January 2002

The controller had been posted in Tahiti for three and a half years. She was not aware of the event when it occurred and was informed of the Airprox being filed only ten days later, by the CA/SAR division.

On the night of the event, she had returned to "reinforce" an incomplete team. At the time of the event she was alone in the tower. She reiterated, in passing, the problem of manning in Tahiti.

Concerning the event itself, she found (and finds) it difficult to reconstitute the sequence. In fact, she worked a further night before being informed of the Airprox and tended to mix up the events of the two nights.

There was a lot of traffic. She did not remember being particularly tired.

Even after having been informed of the Airprox, she was absolutely sure there were no problems. She was sure that she gave the following levels:

- ANZ at level 340
- QFA26 at level 320
- QFA25 at level 330, opposite route.

She remembered the sequence clearly and noted, after listening to the recordings, that the situation was clear for her.

- She remembered the message sent via « free text » (messages of this type are coded in white on the VIVO interface), and so was not expecting an answer, from QFA26 : « REQUEST CLIMB F330 ». She remembered having decided not to answer it immediately, being busy elsewhere.
- She also remembered having had problems with VIVO: she couldn't validate messages with QFA25, and thus had to try three times.



- In an effort to find out what she sent the CPDLC message « CLIMB TO AND MAINTAIN F330, DUE TO TRAFFIC » to QFA26, she imagined two hypotheses :
 - either she had pre-selected a reply in VIVO « MAINTAIN F320, DUE TO TRAFFIC » intended for QFA26, but she hadn't validated it. She could have been disturbed for a few moments, and on returning to the situation, might have sent the pre-formatted and automatically pre-selected message « CLIMB TO AND MAINTAIN F330 » in reply to the message « REQUEST CLIMB F330 ». She must not have re-read the message and must have pushed the « send » button.
 - or she might have confused the numbers 25 and 26 and believed she was speaking with QFA25. She did not however understand why she could have selected the message « CLIMB TO AND MAINTAIN F330 » instead of the message « MAINTAIN F330 ».

In any case, she did not confuse the routes of the two aircraft. The scenario was clear for her.

Workload

She considered that she had a high workload. For some time, because of the winds, all of the « flex tracks » passed through the Tahiti FIR. She emphasised a significant problem with the HF, which was of very poor quality, and that it was co-ordination with other centre (USA, New Zealand, Australia), which took most time in those phases.

2.6.2 Event on 8 February 2002

The controller was posted to Tahiti for two and a half years after having been posted at the CNRA in Reims.

He informed the representative of the CA/SAR of the problem that he had encountered after having heard of the problems that his colleague had had.

On the night of the incident, he had been on duty since 23h00. He remembered having three co-ordinations to carry out. That of UAL841 posed a particular problem because the aircraft had an entry point into the FIR that was not correct, as well as a problem of level leading to a potential conflict (it was co-ordinated at FL330 in conflict with QFA25 also at FL330). The controller took some time to solve these two problems.

To resolve the conflict, he prepared a message for QFA 25 clearing it to climb to level 340. He planned to send it after intersecting with ANZ5. He was not used to preparing messages in advance, but he did it on that occasion. He then sent the message by reflex, before the two aircraft had crossed.

He realised the situation immediately, according to him, thanks to the yellow colour of the message. He immediately sent several « SELCAL » to QFA25 on the HF but, obtaining no reply, he prepared another CPDLC message: « MAINTAIN F330, DUE TO TRAFFIC ».

The error was thus corrected by the CPDLC and not by the HF. He estimated the typical transmission time for CPDLC messages as between ten and thirty seconds.



Workload

He reckoned that he didn't have a particularly high workload. He attributed his mistaken transmission to a poor reflex.

The initial elements have led the BEA to issue the following recommendations:

1. HF

A preliminary study of the two events has shown poor sound quality on the HF transmitter/receiver at Tahiti:

- The poor quality of HF reception for the controller made it impossible for her to understand the situation during the first event,
- The poor quality of the recording of the frequency, resulting from the quality of reception, made it difficult, even impossible at times, to understand and thus transcribe the radio exchanges during both events.

Consequently, the BEA recommends that the DNA undertake to improve the sound quality for HF reception in Tahiti.

2. Tower Manning

- Service memo n°016/92 – CA/SAR stipulates that the positions manned between 19h00 and 07h00 are manned by four controllers, without specifying shifts.
- Initial investigations showed that the night team is often made up of three controllers.
- They also showed that, frequently, all of the manned positions are looked after by a single controller during certain parts of the night, including times when the workload is high. This situation is potentially dangerous.

Consequently, the BEA recommends that la DNA define the criteria for grouping the area control position in Tahiti.

3. Training

- Initial investigation showed that the controllers did not necessarily master the VIVO system in its entirety. The simulator could allow them to broaden their knowledge of the system in the context of ongoing training. It is, however, tedious to use to reproduce representative scenarios.
- The content and the form of CPDLC messages at the time of the two events



showed that controllers and pilots do not always use the data link system rigorously. Amongst other things, we may mention:

- Use by pilots of «free text » messages instead of pre-formatted messages,
- The controller's failure to reply to a « free text » message,
- Intersecting messages via CPDLC and HF.

- The use of the VIVO system is too infrequent to guarantee an optimal minimum level of competence.

Consequently, the BEA recommends that:

- **the DNA reconsider the initial training programme for controllers and define an ongoing training programme in order to guarantee strict application of the procedures associated with the data link.**
- **the DNA study improvements to the VIVO simulator so that it can easily reproduce representative scenarios.**

4. CPDLC Messages

- The CPDLC message « CLIMB TO and MAINTAIN » contains two pieces of crucial information; during the first event, the first was cut by the controller.
- The ICAO, in document 4444, annex 5, chapter 14, clearly dissociates the two messages « CLIMB TO » and « MAINTAIN ».

Consequently, the BEA recommends that the possibility of excluding the grouped message « CLIMB TO and MAINTAIN » from the CPDLC system in VIVO be studied, in accordance with ICAO document PANS-ATM (doc. 4444).

5. ATC Equipment

- Initial investigation showed that the SIGMA-VIVO system possessed certain weaknesses, in particular concerning the human-machine interface.
- Operational procedures in the south Pacific are constantly evolving (flex track for each flight, reduction in separation between aircraft, etc.) It is now possible for each aircraft to have a flex track. Eventually, the route of each aircraft could evolve during the flight, according to the latest weather forecast.

Consequently, the BEA recommends that the DNA re-examine the VIVO-SIGMA system to take into account of new constraints due to evolutions in the operational environment in the south Pacific.

Messages CPDLC
(extraits du guide TIARE, 2008, pp.I-IX)

Messages cpdlc contrôleur

I

N°	CLASSE	MAJ FDR	ATTRIBUT DE REPOSE	RE-EMISSION	TEXTE
REPONSES ET ACCUSES DE RECEPTION					
0	MISC COMMS		NE		UNABLE
1	POPUP ANSWER		NE		STANDBY
2	POPUP ANSWER		NE		REQUEST DEFERRED
3	POPUP ANSWER		NE		ROGER
4	POPUP ANSWER		NE		AFFIRM
5	POPUP ANSWER		NE		NEGATIVE
CLAIRANCES D'ALTITUDE					
6	CLIMB DESCEND		R	X	EXPECT [level]
7	CLIMB		R	X	EXPECT CLIMB AT [time]
8	CLIMB		R	X	EXPECT CLIMB AT [position]
9	DESCEND		R	X	EXPECT DESCEND AT [time]
10	DESCEND		R	X	EXPECT DESCEND AT [position]
11	CLIMB		R	X	EXPECT CRUISE CLIMB AT [time]
12	CLIMB		R	X	EXPECT CRUISE CLIMB AT [position]
13	CLIMB		R	X	AT [time] EXPECT CLIMB TO [level]
14	CLIMB		R	X	AT [position] EXPECT CLIMB TO [level]
15	DESCEND		R	X	AT [time] EXPECT DESCEND TO [level]
16	DESCEND		R	X	AT [position] EXPECT DESCEND TO [level]
17	CLIMB		R	X	AT [time] EXPECT CRUISE CLIMB TO [level]
18	CLIMB		R	X	AT [position] EXPECT CRUISE CLIMB TO [level]
19	CLIMB DESCEND	LFL UFL	W/U	X	MAINTAIN [level]
20	CLIMB COMMS	LFL UFL	W/U	X	CLIMB TO [level]
21	CLIMB		W/U	X	AT [time] CLIMB TO [level]
22	CLIMB		W/U	X	AT [position] CLIMB TO [level]
23	DESCEND COMMS	LFL UFL	W/U	X	DESCEND TO [level]
24	DESCEND		W/U	X	AT [time] DESCEND TO [level]
25	DESCEND		W/U	X	AT [position] DESCEND TO [level]
26	CLIMB	LFL UFL	W/U	X	CLIMB TO REACH [level] BY [time]
27	CLIMB DESCEND	LFL UFL	W/U	X	CLIMB TO REACH [level] BY [position]
28	DESCEND	LFL UFL	W/U	X	DESCEND TO REACH [level] BY [time]
29	DESCEND	LFL UFL	W/U	X	DESCEND TO REACH [level] BY [position]
30	CLIMB DESCEND	LFL UFL	W/U	X	MAINTAIN BLOCK [level] TO [level]
31	CLIMB	LFL UFL	W/U	X	CLIMB TO AND MAINTAIN BLOCK [level] TO [level]
32	DESCEND	LFL UFL	W/U	X	DESCEND TO AND MAINTAIN BLOCK [level] TO [level]
33	DESCEND	LFL UFL	W/U	X	CRUISE [level]
34	CLIMB	LFL UFL	W/U	X	CRUISE CLIMB TO [level]
35	CLIMB		W/U	X	CRUISE CLIMB ABOVE [level]
36	CLIMB	LFL UFL	W/U	X	EXPEDITE CLIMB TO [level]
37	DESCEND	LFL UFL	W/U	X	EXPEDITE DESCEND TO [level]

II

N°	CLASSE	MAJ FDR	ATTRIBUT DE REPONSE	RE-EMISSION	TEXTE
38	CLIMB	LFL UFL	W/U	X	IMMEDIATELY CLIMB TO [level]
39	DESCEND	LFL UFL	W/U	X	IMMEDIATELY DESCEND TO [level]
40	CLIMB	LFL UFL	W/U	X	IMMEDIATELY STOP CLIMB AT [level]
41	DESCEND	LFL UFL	W/U	X	IMMEDIATELY STOP DESCEND AT [level]
171	CLIMB		W/U	X	CLIMB AT [verticalrate] MINIMUM
172	CLIMB		W/U	X	CLIMB AT [verticalrate] MAXIMUM
173	DESCEND		W/U	X	DESCEND AT [verticalrate] MINIMUM
174	DESCEND		W/U	X	DESCEND AT [verticalrate] MAXIMUM
CONTRAINTES DE PASSAGE					
42	CROSSING		R	X	EXPECT TO CROSS [position] AT [level]
43	CROSSING		R	X	EXPECT TO CROSS [position] AT OR ABOVE [level]
44	CROSSING		R	X	EXPECT TO CROSS [position] AT OR BELOW [level]
45	CROSSING		R	X	EXPECT TO CROSS [position] AT AND MAINTAIN [level]
46	CROSSING		W/U	X	CROSS [position] AT [level]
47	CROSSING		W/U	X	CROSS [position] AT OR ABOVE [level]
48	CROSSING		W/U	X	CROSS [position] AT OR BELOW [level]
49	CROSSING		W/U	X	CROSS [position] AT AND MAINTAIN [level]
50	CROSSING		W/U	X	CROSS [position] BETWEEN [level] AND [level]
51	CROSSING		W/U	X	CROSS [position] AT [time]
52	CROSSING		W/U	X	CROSS [position] AT OR BEFORE [time]
53	CROSSING		W/U	X	CROSS [position] AT OR AFTER [time]
54	CROSSING		W/U	X	CROSS [position] BETWEEN [time] and [time]
55	CROSSING		W/U	X	CROSS [position] AT [speed]
56	CROSSING		W/U	X	CROSS [position] AT OR LESS THAN [speed]
57	CROSSING		W/U	X	CROSS [position] AT OR GREATER THAN [speed]
58	CROSSING		W/U	X	CROSS [position] AT [time] AT [level]
59	CROSSING		W/U	X	CROSS [position] AT OR BEFORE [time] AT [level]
60	CROSSING		W/U	X	CROSS [position] AT OR AFTER [time] AT [level]
61	CROSSING	LFL UFL	W/U	X	CROSS [position] AT AND MAINTAIN [level] AT [speed]
62	CROSSING		W/U	X	AT [time] CROSS [position] AT AND MAINTAIN [level]
63	CROSSING		W/U	X	AT [time] CROSS [position] AT AND MAINTAIN [level]
ECARTS LATERAUX					
64	OFFSET		W/U	X	OFFSET [distanceoffset] [direction] OF ROUTE
65	OFFSET		W/U	X	AT [position] OFFSET [distanceoffset] [direction] OF ROUTE

N°	CLASSE	MAJ FDR	ATTRIBUT DE REPONSE	RE-EMISSION	TEXTE
66	OFFSET		W/U	X	AT [time] OFFSET [distanceoffset] [direction] OF ROUTE
67	OFFSET ROUTE		W/U	X	PROCEED BACK ON ROUTE
68	OFFSET ROUTE		W/U	X	REJOIN ROUTE BY [position]
69	OFFSET ROUTE		W/U	X	REJOIN ROUTE BY [time]
70	OFFSET ROUTE		R	X	EXPECT BACK ON ROUTE BY [position]
71	OFFSET ROUTE		R	X	EXPECT BACK ON ROUTE BY [time]
72	OFFSET ROUTE		W/U	X	RESUME OWN NAVIGATION
MODIFICATIONS DE ROUTE					
73	ROUTE		W/U	X	[predepartureclearance]
74	ROUTE	F15c	W/U	X	PROCEED DIRECT TO [position]
75	ROUTE	F15c	W/U	X	WHEN ABLE PROCEED DIRECT TO [position]
76	ROUTE		W/U	X	AT [time] PROCEED DIRECT TO [position]
77	ROUTE	F15c	W/U	X	AT [position] PROCEED DIRECT TO [position]
78	ROUTE		W/U	X	AT [level] PROCEED DIRECT TO [position]
79	ROUTE	F15c	W/U	X	CLEARED TO [position] VIA [routeclearance]
80	ROUTE	F15c	W/U	X	CLEARED [routeclearance]
81	ROUTE		W/U	X	CLEARED [procedurename]
82	ROUTE		W/U	X	CLEARED TO DEVIATE UP TO [distanceoffset] [direction] OF ROUTE
83	ROUTE	F15c	W/U	X	AT [position] CLEARED [routeclearance]
84	ROUTE		W/U	X	AT [position] CLEARED [procedurename]
85	ROUTE		R	X	EXPECT [routeclearance]
86	ROUTE		R	X	AT [position] EXPECT [routeclearance]
87	ROUTE		R	X	EXPECT DIRECT TO [position]
88	ROUTE		R	X	AT [position] EXPECT DIRECT TO [position]
89	ROUTE		R	X	AT [time] EXPECT DIRECT TO [position]
90	ROUTE		R	X	AT [level] EXPECT DIRECT TO [position]
91	ROUTE		W/U	X	HOLD AT [position] MAINTAIN [level] INBOUND TRACK [degree] [direction] TURNS [legtype]
92	ROUTE		W/U	X	HOLD AT [position] AS PUBLISHED MAINTAIN [level]
93	ROUTE		R	X	EXPECT FURTHER CLEARANCE AT [time]
94	ROUTE		W/U	X	TURN [direction] HEADING [degree]
95	ROUTE		W/U	X	TURN [direction] GROUND TRACK [degree]
96	ROUTE		W/U	X	CONTINUE PRESENT HEADING
97	ROUTE		W/U	X	AT [position] FLY HEADING [degree]

N°	CLASSE	MAJ FDR	ATTRIBUT DE REPONSE	RE-EMISSION	TEXTE
98	ROUTE		W/U	X	IMMEDIATELY TURN [direction] HEADING [degree]
99	ROUTE		R	X	EXPECT [procedurename]
178	NA				TRACK DETAIL MESSAGE
CATEGORIE VITESSE					
100	SPEED		R	X	AT [time] EXPECT [speed]
101	SPEED		R	X	AT [position] EXPECT [speed]
102	SPEED		R	X	AT [level] EXPECT [speed]
103	SPEED		R	X	AT [time] EXPECT [speed] TO [speed]
104	SPEED		R	X	AT [position] EXPECT [speed] TO [speed]
105	SPEED		R	X	AT [level] EXPECT [speed] TO [speed]
106	SPEED	TAS	W/U	X	MAINTAIN [speed]
107	SPEED		W/U	X	MAINTAIN PRESENT SPEED
108	SPEED		W/U	X	MAINTAIN [speed] OR GREATER
109	SPEED		W/U	X	MAINTAIN [speed] OR LESS
110	SPEED		W/U	X	MAINTAIN [speed] TO [speed]
111	SPEED	TAS	W/U	X	INCREASE SPEED TO [speed]
112	SPEED		W/U	X	INCREASE SPEED TO [speed] OR GREATER
113	SPEED	TAS	W/U	X	REDUCE SPEED TO [speed]
114	SPEED		W/U	X	REDUCE SPEED TO [speed] OR LESS
115	SPEED		W/U	X	DO NOT EXCEED [speed]
116	SPEED		W/U	X	RESUME NORMAL SPEED
CATEGORIE CONTACT/MONITOR/SURVEILLANCE					
117	COMMS		W/U	X	CONTACT [unitname] [frequency]
118	COMMS		W/U	X	AT [position] CONTACT [unitname] [frequency]
119	COMMS		W/U	X	AT [time] CONTACT [unitname] [frequency]
120	COMMS		W/U	X	MONITOR [unitname] [frequency]
121	COMMS		W/U	X	AT [position] MONITOR [unitname] [frequency]
122	COMMS		W/U	X	AT [time] MONITOR [unitname] [frequency]
123	SSR		W/U	X	SQUAWK [code]
124	SSR		W/U	X	STOP SQUAWK
125	SSR		W/U	X	SQUAWK MODE CHARLIE
126	SSR		W/U	X	STOP SQUAWK MODE CHARLIE
179	SSR		W/U	X	SQUAWK IDENT
CATEGORIE DEMANDES DE REPORTS/CONFIRMATIONS					
127	REPORT		R	X	REPORT BACK ON ROUTE
128	REPORT COMMS		R	X	REPORT LEAVING [level]
129	REPORT		R	X	REPORT LEVEL [level]
130	REPORT		R	X	REPORT PASSING [position]
131	REPORT		NE	X	REPORT REMAINING FUEL AND PERSONS ON BOARD
132	REPORT		NE	X	REPORT POSITION
133	REPORT		NE	X	REPORT PRESENT LEVEL
134	REPORT		NE	X	REPORT SPEED
135	REPORT		NE	X	CONFIRM ASSIGNED LEVEL
136	REPORT		NE	X	CONFIRM ASSIGNED SPEED
137	REPORT		NE	X	CONFIRM ASSIGNED ROUTE

N°	CLASSE	MAJ FDR	ATTRIBUT DE REPONSE	RE-EMISSION	TEXTE
138	REPORT		NE	X	CONFIRM TIME OVER REPORTED WAYPOINT
139	REPORT		NE	X	CONFIRM REPORTED WAYPOINT
140	REPORT		NE	X	CONFIRM NEXT WAYPOINT
141	REPORT		NE	X	CONFIRM NEXT WAYPOINT ETA
142	REPORT		NE	X	CONFIRM ENSUING WAYPOINT
143	REPORT		NE	X	CONFIRM REQUEST
144	SSR		NE	X	CONFIRM SQUAWK
145	REPORT		NE	X	REPORT HEADING
146	REPORT		NE	X	REPORT GROUND TRACK
147	REPORT		NE	X	REQUEST POSITION REPORT
175	REPORT COMMS		R	X	REPORT REACHING [level]
180	REPORT		R	X	REPORT REACHING BLOCK [level] TO [level]
181	REPORT COMMS		NE	X	REPORT DISTANCE [tofrom] [position]
182	REPORT MISC		NE	X	CONFIRM ATIS CODE
CATEGORIE NEGOCIATIONS					
148	ENQUIRY		NE	X	WHEN CAN YOU ACCEPT [level]
149	ENQUIRY		A/N	X	CAN YOU ACCEPT [level] AT [position]
150	ENQUIRY		A/N	X	CAN YOU ACCEPT [level] AT [time]
151	ENQUIRY		NE	X	WHEN CAN YOU ACCEPT [speed]
152	ENQUIRY		NE	X	WHEN CAN YOU ACCEPT [distanceoffset] [direction] OFFSET
CATEGORIE INFORMATIONS					
153	MISC		R	X	ALTIMETER [altimeter]
154	MISC		R	X	RADAR SERVICE TERMINATED
155	MISC		R	X	RADAR CONTACT [position]
156	MISC		R	X	RADAR CONTACT LOST
157	MISC		R	X	CHECK STUCK MICROPHONE [frequency]
158	MISC		R	X	ATIS [atiscode]
CATEGORIE SYSTEME					
159	NA		NE		ERROR
160	MISC		NE	X	NEXT DATA AUTHORITY [facilitydesignation]
161	MISC		NE	X	END SERVICE
162	MISC		NE	X	SERVICE UNAVAILABLE
163	NA		NE		CONNECTION REQUEST
CATEGORIE MESSAGES ADDITIONNELS					
164	CLIMB DESCEND MISC COMMS		NE	X	WHEN READY
165	MISC		NE	X	THEN
166	MISC COMMS		NE	X	DUE TO TRAFFIC
167	MISC		NE	X	DUE TO AIRSPACE RESTRICTION
168	MISC		R	X	DISREGARD
169	FREE		R	X	[freetext]
170	FREE		R	X	[freetext_urgent]
176	MISC		W/U	X	MAINTAIN OWN SEPARATION AND VMC
177	CLIMB DESCEND MISC		NE	X	AT PILOTS DISCRETION

Messages cpdlc pilote

N°	MAJ FDR	ATTRIBUT DE REPONSE	TEXTE
REPONSES			
0		N	WILCO
1		N	UNABLE
2		N	STANDBY
3		N	ROGER
4		N	AFFIRM
5		N	NEGATIVE
EVOLUTIONS VERTICALES			
6		Y	REQUEST [level]
7		Y	REQUEST BLOCK [level] TO [level]
8		Y	REQUEST CRUISE CLIMB TO [level]
9		Y	REQUEST CLIMB TO [level]
10		Y	REQUEST DESCENT TO [level]
11		Y	AT [position] REQUEST CLIMB TO [level]
12		Y	AT [position] REQUEST DESCENT TO [level]
13		Y	AT [time] REQUEST CLIMB TO [level]
14		Y	AT [time] REQUEST DESCENT TO [level]
69		Y	REQUEST VMC DESCENT
DEMANDES DE OFFSET			
15		Y	REQUEST OFFSET [distanceoffset] [direction] OF ROUTE
16		Y	AT [position] REQUEST OFFSET [distanceoffset] [direction] OF ROUTE
17		Y	AT [time] REQUEST OFFSET [distanceoffset] [direction] OF ROUTE
DEMANDES DE VITESSE			
18		Y	REQUEST [speed]
19		Y	REQUEST [speed] TO [speed]
DEMANDES DE CONTACT RADIO			
20		Y	REQUEST VOICE CONTACT
21		Y	REQUEST VOICE CONTACT [frequency]
DEMANDES DE MODIFICATION DE ROUTE			
22		Y	REQUEST DIRECT TO [position]
23		Y	REQUEST [procedurename]
24		Y	REQUEST CLEARANCE [routeclearance]
25		Y	REQUEST CLEARANCE
26		Y	REQUEST WEATHER DEVIATION TO [position] VIA [routeclearance]
27		Y	REQUEST WEATHER DEVIATION UP TO [distanceoffset] [direction] OF ROUTE
70		Y	REQUEST HEADING [degrees]
71		Y	REQUEST GROUND TRACK [degrees]
REPORTS			
28		N	LEAVING [level]
29		N	CLIMBING TO [level]
30		N	DESCENDING TO [level]
31	APR	N	PASSING [position]
78	APR	N	AT [time] [distance] [tofrom] [position]
32	PRL	N	PRESENT LEVEL [level]
33	APR	N	PRESENT POSITION [position]
34		N	PRESENT SPEED [speed]
35		N	PRESENT HEADING [degrees]
36		N	PRESENT GROUND TRACK [degrees]
37	PRL	N	LEVEL [level]
38		N	ASSIGNED LEVEL [level]
72	PRL	N	REACHING [level]
76		N	REACHING BLOCK [level] TO [level]
77		N	ASSIGNED BLOCK [level] TO [level]
39		N	ASSIGNED SPEED [speed]

N°	MAJ FDR	ATTRIBUT DE REPONSE	TEXTE
40		N	ASSIGNED ROUTE [routeclearance]
41		N	BACK ON ROUTE
42		N	NEXT WAYPOINT [position]
43		N	NEXT WAYPOINT ETA [time]
44		N	ENSUING WAYPOINT [position]
45		N	REPORTED WAYPOINT [position]
46		N	REPORTED WAYPOINT [time]
47		N	SQUAWKING [code]
48		N	POSITION REPORT [positionreport]
79		N	ATIS [atiscode]
80		N	DEVIATING [distanceoffset] [direction] OF ROUTE
NEGOTIATIONS			
49		Y	WHEN CAN WE EXPECT [speed]
50		Y	WHEN CAN WE EXPECT [speed] TO [speed]
51		Y	WHEN CAN WE EXPECT BACK ON ROUTE
52		Y	WHEN CAN WE EXPECT LOWER LEVEL
53		Y	WHEN CAN WE EXPECT HIGHER LEVEL
54		Y	WHEN CAN WE EXPECT CRUISE CLIMB TO [level]
MESSAGES D'URGENCE			
55	EMG	N	PAN PAN PAN
56	EMG	N	MAYDAY MAYDAY MAYDAY
57		N	[remainingfuel] OF FUEL REMAINING AND [remainingpersons] PERSONS ON BOARD
58	EMG	N	CANCEL EMERGENCY
59		N	DIVERTING TO [position] VIA [routeclearance]
60		N	OFFSETTING [distanceoffset] [direction] OF ROUTE
61		N	DESCENDING TO [level]
CATEGORIE SYSTEME			
62		N	ERROR: [errorinformation]
63		N	NOT CURRENT DATA AUTHORITY
64		N	CONNECTION FAILED CURRENT DATA AUTHORITY [ICAOfacilitydesignation]
73		N	CONNECTION CONFIRM
MESSAGES ADDITIONNELS			
65		N	DUE TO WEATHER
66		N	DUE TO AIRCRAFT PERFORMANCE
67		N	[freetext]
68		Y	[freetext_urgent]
74		N	MAINTAIN OWN SEPARATION AND VMC
75		N	AT PILOTS DISCRETION

Classification des éléments constitutifs des messages CPDLC (extraits du guide TIARE, 2008, pp.XI-XIII)

MESSAGES DOWNLINK

11:07 THT021 REQUEST CLIMB TO 360
Message downlink nécessitant une réponse de la part du

11:07 THT021 REQUEST CLIMB TO 360
Message downlink validé par le contrôleur moins de 60s après sa réception mais il n'a pas encore répondu ou suite à un message STAND BY,REQUEST DEFERRED

11:12 THT021 REQUEST 360
Message downlink non validé et non répondu par le contrôleur dans les 60s qui suivent

11:07 THT021 REQUEST CLIMB TO 360
Message downlink validé par le contrôleur plus de 60s après sa réception mais il n'a toujours

11:11 THT021 WILCO
Message downlink non validé et ne nécessitant pas de réponse de la part du

11:07 THT021 REQUEST CLIMB TO 360
Message

Valider = clic gauche sur l'indicatif de l'avion dans le message

XI

MESSAGES UPLINK

11:11 THT021 CLIMB TO 360. REPORT LEVEL 360

Message uplink nécessitant une réponse

05:35 LAN833 DESCEND TO 360

Message uplink sans réponse du pilote dans les 120s qui

10:46 THT021 CLEARED CINTO G575 REVRO RUTAK TAMUR ROBKO RAN ORARE

Message uplink sans réponse du pilote dans les 120s qui suivent l'envoi et en cours de validation par le contrôleur qui a le choix entre DISREGARD, MANUAL ACK ou CANCEL (attention: MANUAL ACK met à jour le FDR, il faut vérifier si le pilote a reçu ou pas le message)

11:11 THT021 WILCO

Message

Valider = clic gauche sur l'indicatif de l'avion dans le message

10:26 THT003 CANCEL EMERGENCY

Emergency non validée par le

10:26 THT003 MAYDAY MAYDAY MAYDAY

Emergency validée par le

11:20 THT021 CLEARED WIBIG REVRO RUTAK MOMBO RAN KAINA TAF OVINI

Message uplink non acheminé. L'avion n'a pas reçu le message pourtant

11:18 THT021 REQUEST CLEARANCE WIBIG REVRO RUTAK MOMBO RAN KAINA TAF OVINI

Message uplink non acheminé mais en cours de validation par le contrôleur qui a le choix entre

Valider = clic gauche sur l'indicatif de l'avion dans le message

Ecran de situation aérienne (contrôleurs)

System Name: LYS1L
System: NDRM
Position: LEC1
User: T001
North: MGRN
Radars: PLOT, APP

Main Window: 2009 / 09 / 07 11:27:38
SSR Code Filter: [Empty]
Display Levels: [Empty] 000 999
Buttons: 250 DEF 46B1 OFC

Second Window: VEL SRP HIST SSR ALL ALL Flights DLK ALL TRSK EPGSD

Labels: Normal Fixed

PREACTIVE

AC1004	B744	360	CINTD	MAEVA	ANJE
AC11	NZ00	1024	1108	1142	
PRER	NZ00	007	360	360	360
QFA25	B744	1451			
AC11	NZ00	7003	0343	PONJ120	
PRER	NZ00				
QFA39	B744				
AC11	NZ00				
PRER	NZ00				
TH1345	04				
AC11	NZ00				
PRER	NZ00				

CPILC EDITOR

CONTACT [unit name] [freq]
 MONITOR [unit name] [freq]
 END SERVICE
 NEXT DATA AUTHORITY [facility designation]

ACID : TH1002

Vertical	Lateral	Speed
Route	Crossing	Contact
Report	Negotia.	Radar
Addit.	Answer	Frequent
Req_Rept	Advisory	

CONTACT NTRA CNT 126.7

ELMT 1 Clear
 ELMT 2 Clear
 ELMT 3 Clear
 ELMT 4 Clear
 ELMT 5 Clear

Buttons: Restore, Manual Connection, Suspend, Send to TH1002, FFCP, Escape

CURRENT MESSAGES WINDOW

- 11:15 TH1103 MONITOR NTRA CNT 00867
- 11:25 TH1002 REQUEST OFFSET 030NM L OF ROUTE
- 11:25 TH1002 OFFSET 030NM L OF ROUTE
- 11:27 TH1002 CANCEL EMERGENCY

Action processed

ASUS CONTRACT WINDOW

ACID : TH1002 Current Period 14

Default Period 14
 Selected Period
 Selected Period End

ALT DEV EVENT 378 302
 WAYPOINT EVENT
 LATERAL DEVIATION EVENT

Right-side toolbar: STGR ON, Map, Info, Second, FPL, Lost, TTC MGT, MSG OUT, VFR List, ATIS List, Send CPILC, Hist CPILC, WPT ON, SCM Alert, Tag List, Del Tag, Read Tag, Flight List, NOT, AIDS, SIP OFF, SUP Summary, RPL, STE, Phys Conf, Shrt Desc, PERF

Observations : extrait d'un document de travail

Nos observations se sont déroulées dans des lieux très contraints dans lesquels nos engagements de confidentialité sont stricts. Aussi cela ne nous permet pas de donner à voir l'ensemble de notre matériau. Néanmoins, nous pouvons ici fournir un aperçu d'une partie des matériaux sélectionnés qui ont servis à l'élaboration de notre analyse en donnant à voir un des documents de travail que nous avons constitué. Pour cela, nous proposons dans le tableau ci-dessous, une combinaison faite à la fois de séquences d'observation effectuées en centre de contrôle (sur la base des enregistrements vidéo que nous avons effectués) et d'extraits d'entretiens que nous avons sélectionnés en rapport avec les thématiques abordées.

Le tableau s'articule de la manière suivante de la gauche vers la droite :

- Dans la 1^{ère} colonne est spécifiée la séquence vidéo que nous analysons (par mots clés) ;
- la 2^{ème} colonne est dédiée à la retranscription des échanges qui ont eu lieu pendant la séquence d'observation ;
- la 3^{ème} colonne est dédiée à nos remarques, commentaires ou informations complémentaires ;
- enfin dans la 4^{ème} colonne sont présentés des extraits d'entretiens effectués par ailleurs et qui nous semblent apporter des éléments de compréhension supplémentaires relativement aux thématiques abordées par séquence.

Observations /Séquence vidéo	Retranscription observations	Commentaires Remarques informations complémentaires	Extraits d'entretiens
Séquence 0 : Environnement de la salle de contrôle	Observation de la salle de contrôle Outils à disposition : - Radio - Téléphone - Stylo - Strips papiers + tableau de strips - Ordinateur/clavier/souris - Documents papier : carte géographiques/liste des fréquences radios disponibles/feuilles blanches.		<u>Question : quels sont vos outils de travail ?</u> « La radio ! en premier. Après y'a tout le système de traitement de plan de vol des données aéronautiques. Après, le radar. Le radar à Tahiti, ça c'est très important. Dans tous les centres métropolitains, c'est radio, radar. Après y'a un peu tout. De tous les outils, l'outil le plus important enfin ce qui commence la journée c'est le stylo! le stylo bic noir, ça c'est l'outil numéro 1. Sans stylo, on peut pas travailler » (Loïc, contrôleur)
Observations /Séquence vidéo	Retranscription observations	Commentaires Remarques informations complémentaires	Extraits d'entretiens
Séquence 1 : Connexion CPDLC ADS	Pilote à C1 : Tahiti airline 2, j'écoute C1 à pilote: « Tahiti air line 2 j'ai un bon contact ADS-CPDLC, continuons en Data Link. Bon vol »		<u>Au sujet du système ADS/CPDLC ?</u> « Une déviation météo, on passait 5 min à demander au contrôle de faire un évitement de 15 nautiques à droite ou à

	<p>Pilote à C1 : « aller, on poursuit en Data Link. Merci. bonne soirée »</p> <p><i>[En regardant le strip]</i></p> <p>C1 à nous : « donc il avait la connexion aussi bien ADS que CPDLC donc on a plus besoin de se causer verbalement. Surtout que là il va sortir de la couverture VHF et donc en HF les communications sont pas toujours très bonnes donc là on continue comme ça. Je lui signale tout simplement pour clore la communication. »</p>	<p>ADS : Surveillance automatique de la position réelle de l'avion. ADS-C (Contrat). Des contrats sont établis automatiquement entre le sol et les vols pour que les données soient envoyées à intervalles réguliers vers le système de contrôle (ex. : toutes les 20 minutes). Si l'avion dévie de son profil de vol autorisé (route...), l'information est transmise au contrôleur et l'avion passe alors dans un mode de surveillance plus serré qui permet de corriger sa position.</p>	<p>gauche mais s'il nous manque 3 nautiques... nous on en a besoin tout de suite, du coup on commençait à aller chercher ces 3 nautiques supplémentaires et après on allait à la radio mais on était déjà partis. Avec le CPDLC, bon maintenant le temps de réponse a été raccourci. Et le fait d'être suivi on a quand même moins envie de le faire et on reste beaucoup plus sur notre route</p> <p>Et puis c'est comme un radar quand on conduit en voiture</p> <p>Le pas vu pas pris n'existe plus » (François, pilote d'Air-1)</p> <p>« Le système a été un tel gain! travailler ici la nuit en HF, c'est l'horreur, c'est vraiment l'horreur et dès qu'on peut remplacer ça par quelque chose c'est que des bénéfices donc... je vais pas cracher dans la soupe ! mais aussi mauvais qu'était le système, il a remplacé de façon inouïe une qualité de travail qui était assez déplorable et dure à vivre ! tous les 6 jours, c'était quelque chose ... » (Loïc contrôleur)</p>
--	--	---	--

Observations /Séquence vidéo	Retranscription observations	Commentaires Remarques informations complémentaires	Extraits d'entretiens
<p>Séquence 2 : Organisation tableau de strips papiers</p>	<p>Question : « comment positionnez-vous vos strips papiers ? »</p> <p><i>CI à nous</i> : « alors en fait c'est un classement un peu géographique du nord au sud. Le Québec kilo que je le veux ici, bon c'est vrai que y'a pas énormément de boulot donc je me permets ... après dans la journée on est plus rigoureux quand y'a plus de trafic. Et après on va mettre les trafics plutôt qui vont être conflictuels. Donc celui-là je le mets à part de tout façon, parce qu'il concerna personne, aucun flux. Mais en tout rigueur il va dépasser de l'autre, je le mettrais ici quoi. Après, le quantas I1 qui va arriver par ici je le mets ... Donc y'a surtout de l'importance quand là... pour avoir un ordre de lecture mais il est encore plus important quand on a des trafics en fait... des flux de trafic qui vont être conflictuels. Dans des nord-sud, tu peux avoir parfois 2 axes vraiment bien distincts, donc c'est intéressant de classer par flux. Après, moi venant d'un CCR c'est ce qu'on faisait aussi pour détecter des conflits entre</p>	<p>Réorganise son tableau de strip en même temps qu'il nous parle.</p> <p>Organisation du tableau du tableau de strip laissé à l'appréciation de chaque contrôleur.</p> <p>Permet de donner un ordre de lecture : représentation du trafic tel que perçu et pensé par le contrôleur.</p>	<p>Question : « <i>comment jongler vous entre strip papier et strip numérique ?</i> »</p> <p>« C'est très difficile ! il faut dire que TIARE... enfin qu'EUROCAT a été fait à la base sans strip nu.. enfin sans strip et qu'on l'a demandé parce qu'en France on travaille toujours avec le strip papier et que comme je disais tout à l'heure on a toujours confiance dans ce qu'on a toujours l'habitude de faire donc là on est habitué au strip papier donc on a demandé en plus à installer une imprimante et à avoir le strip en double. Donc on est obligé de maintenir le strip électronique, c'est très important pour les positions des avions. Et aussi le strip papier, c'est vrai que c'est lourd c'est très lourd mais à mon avis dans deux ans on travail sans strip papier ça c'est sûr ! » (Patrice, contrôleur).</p> <p>« Ici à Tahiti on a les 2, les 3, on a le Data Link, on a le stripping électronique et on a le strip papier</p>

	<p>les avions. Tu vois ces strips, ce classement nous permettrait de résoudre, de gérer les trafics qui posent jamais aucun problème et d'autres qui vont être de tout manière conflictuels. Donc ça a son importance. Bon là comme c'est très très calme ce soir. »</p> <p>Question : « et à la fin d'un service, les strips sont jetés ou ils sont gardés ? »</p> <p>C1 à nous : « non ils sont gardés pour archivage en cas de réclamations, de souci. Je crois que ça sert également en cas d'ultime recours, en cas de contestation et taxes diverses. »</p>	<p>Taxes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la redevance de survol (par unités = le tonnage/passager/kilomètre), - redevances aéroportuaire, redevance balisages (ex : une demande spécifique d'un pilote sera facturé à la compagnie) <p>Sur le strip papier peut également être notées des informations qui ne peuvent pas être entrées dans le système informatique : Ex : une évacuation sanitaire. Si le médecin à bord à besoin d'une ambulance spécialisé, cela sera marqué le strip papier.</p> <p>Strip papier = mémorisation des éléments du vol. Pense-bête.</p>	<p>aussi. Donc pour l'instant on nous dit de renseigner l'ensemble du système ce qui nous mène à, je dirais, pas des charges de travail très fortes mais c'est un petit peu choquant de voir 2 systèmes qui marchent en même temps sans savoir d'ailleurs réellement quel est le système à renseigner en premier. D'ailleurs, on a constaté que selon les utilisateurs on avait des méthodes de travail différentes, ça pose un grand problème de méthode de travail qui n'est pas résolu actuellement ! » (Loïc, contrôleur).</p> <p>« Le problème ici c'est qu'on priorise le strip papier. Donc on leur dit vous prenez votre strip papier. donc faire les deux en simultané c'est impossible ... Moi je pense que d'ici un avenir très proche on va passer au strip électronique. D'ailleurs c'est le but ! dans certains pays ils n'utilisent que le strip électronique. Par contre ils ont quand même un bloc note pour noter les vitesses, les caps pour les contrôleurs mais sinon tout se fait sur l'écran. » (Michel, contrôleur détaché à la subdivision étude).</p>
--	---	--	--

Observations /Séquence vidéo	Retranscription observations	Commentaires/Remarques	Extraits d'entretiens
Séquence 3 : Charge trafic Messages CPDLC Temps	<p>Question : Comment utilisez-vous le système en cas de charge de trafic ?</p> <p>C1 à nous: « j'ai pas eu énormément de trafic ... »</p> <p>C1 au Centre de contrôle de Nouvelle-Zélande : « Allo Tahiti Océanique ... Oh Yes, yes – ok - and could you confirm the estimate... »</p> <p>Ok, <i>Qantas 11230 157w time 09 05 Flight level – 370</i>»</p> <p><i>[Vérifie et dicte les informations du vol. Impression strip]</i></p> <p>C1 à moi : « heu j'ai eu des cas où y'avait un peu de trafic quand même et je trouve que le système est quand même pas mal conçu pour rentrer les données justement pour ce type de trafic. C'est plus difficile je trouve pour un trafic plus dynamique dans la journée où y'a pas mal de données à rentrer pour les niveaux de vol etc., pour renseigner et je trouve que c'est plus difficile. Alors là pour le coup, là typiquement, y'avais un message rentrant pour un vol que je n'ai pas vu parce qu'il n'y</p>	<p>Appel du centre de contrôle de « Auckland océanique » qui coordonne le vol quantas 11230. Le point de transfert, l'heure de passage et l'altitude sont communiqués et un « <i>read back</i> » est effectué par le contrôleur de Tahiti qui ensuite, renseigne le système informatique et imprime un strip papier.</p> <p>La gestion des deux systèmes rajoute un travail d'articulation supplémentaire</p>	<p>Question : Le fait en CPDLC de recevoir en continu des informations simultanées ou successives rapprochées intervient-il dans votre façon de travailler ?</p> <p>« Dans la mesure où on a pas un gros trafic le système est vraiment bien adapté. C'est pour ça qu'en Europe ils n'utilisent pas encore vraiment le CPDLC car c'est vraiment pas pratique dans la mesure où le CPDLC ne nous permet pas de répondre rapidement à une situation d'urgence ou à une situation de conflit. Donc nous, aujourd'hui à Tahiti, on peut dire que c'est vraiment bien. on peut bien l'utiliser parce que y'a pas un trafic dense » (Patrice, contrôleur détaché à la subdivision étude)</p> <p>« Alors du point de vue du contrôleur, alors du fait de l'ergonomie, le système n'est pas forcément bien évolué, pas forcément au top, heu ... je ne dirais pas que ça facilite, par exemple on a des grosses demandes, on a des « <i>request</i> » de pilotes qui apparaissent à</p>

	<p>avait pas d'alarme installé. Donc si t'as pas le regard constamment porté sur cette fenêtre, tu le rates. Donc les Néo-zélandais m'ont appelé pour me donner l'estimée. Et y'a toujours un « <i>read back</i> », un collationnement très protocolaire pour bien redonner les heures, les niveaux etc., pour être sûr qu'il n'y ait pas d'incompréhension. »</p>		<p>certains moments, on ne les verra pas forcément de suite ! ... ça c'est souvent vrai pour les coordinations quand les centres étrangers nous téléphone, bon bin y'a la sonnerie du téléphone pour nous prévenir, on décroche et on a les éléments alors que là, les échanges de coordination automatisés ...</p> <p>Alors que les interventions manuelles qu'on a à faire de l'autre côté, c'est ça qui est grotesque, on a un système très évolué mais on a les interventions manuelles à faire. donc on a ces messages qui nous arrivent, il faut vraiment avoir l'œil réglé sur nos écrans parce que si on regarde à côté on voit pas, on n'a pas de sonneries donc ça peut durer un certain temps. Ce qu'on peut regretter dans ces échanges de coordination inter-centre c'est qu'on veut nous dire que c'est automatisé mais ça ne l'est pas en fait.</p> <p>Après au niveau ... coté pilote, franchement je connais pas ! si on est couverture radio parfaite, instantanée très clair, non le système ne facilite pas, pour moi c'est un système palliatif. La radio est plus clair surtout qu'on a le côté humain qui va pouvoir affiner un certain nombre de choses ! car les messages CPDLC c'est bien, joli quand</p>
		<p>Travail d'articulation.</p> <p>Caractère silencieux des messages CPDLC.</p>	

		<p>Importance de l'écoute flottante pour accéder à certains éléments de contexte. + intonation, stress, etc.</p> <p>Notion de temps. Système CPDLC pas adapté aux situations d'urgence. Temps synchrone (radio) et temps asynchrone (CPDLC)</p>	<p>y'a pas de soucis particuliers mais si on rentre dans le détail, chose que j'ai très peu vécu, c'est infernal. par exemple on a des messages vocaux qui peuvent durer 30 secondes ! y'a un pilote qui va nous dire bon y'a un bébé qui est en train de s'asphyxier, j'ai besoin d'une priorité pour atterrir, par CPDLC ça va prendre combien de temps ? c'est pas prévu donc on a des messages <i>free text</i>, mais c'est lent, c'est pas performant. » (Loïc, contrôleur)</p> <p><i>Question : comment s'utilise le système sous pression temporelle ?</i></p> <p>« A mon sens, je ne me suis jamais trouvé dans cette situation donc c'est difficile d'en parler, mais je pense qu'on peut arriver à des situations extrêmement stressante où le délais qui est imparti par le système CPDLC lui-même c'est à dire toute la complication de la création du message lui-même, l'envoi l'attente, la réponse de la part du pilote dans un sens ou dans l'autre fait que dans le métier de contrôleur, on est habitué à avoir des réponse extrêmement rapide à toutes nos sollicitations, je pense qu'il y a un risque d'affolement dans un milieu un peu stressant ! ça</p>
--	--	---	--

<p>doit finir par paniquer. si y' a quelque chose d'urgent à faire on va chercher à se rattraper à la radio, on va appeler en HF, encore qu' on puisse le faire à ce moment-là. Le système CPDLC est certainement un très bon truc en tâche de fond, pour des avions qui sont sur du long terme, des grandes traversées océaniques, comme on a ici : des messages tous les $\frac{3}{4}$ d'heure, des comptes rendus et ainsi de suite ! ça, ça va très très bien et on évite en plus une radio qui est déplorable et c'est une très bonne chose. » (jeff)</p>		
<p>« quand j' utilise cet outil que je ne suis jamais à 100% à l'aise en fait, j'ai toujours un problème de mise en route heu.. au niveau du fonctionnement du système on est jamais certain que le pilote va recevoir la chose en temps voulu donc le rapport au temps en fait faut pas être pressé ! en fait c'est un système qui est adapté à des vols en route ou la routine se déroule où y'a pas d'évènement particulier. Mais j'imagine, j'en ai jamais vécu mais quand y'a l'<i>emergency</i>, c'est plus un système utilisable ou alors ça serait vraiment dégradé. Donc le rapport au temps. je me suis toujours imaginé dans l'avion avec des turbulences ou ça</p>		

		<p>bouge ça bouge et il veut changer de niveau et il commence à faire son truc, je sais pas vraiment comment il fait, il commence à nous envoyer un message, ça prend un certain temps, ensuite nous ... il peut y avoir un délai du traitement du contrôleur, c'est comme un e-mail est-ce qu'il va répondre instantanément ? alors que si on balance un message style sonnerie téléphonique ou un message radio à un pilote normalement constitué, si il est encore en vie, il va répondre. Donc là le message arrive au contrôleur qui va prendre un certain temps à le traiter aussi donc au niveau temporel on a forcément une perte de temps. » (Loïc, contrôleur).</p>
--	--	---

MARIE BENEJEAN

**INFORMATISATION DES PRODUCTIONS D'INFORMATION ET DES ACTIVITES DE COMMUNICATION
DANS LES RELATIONS PILOTES-CONTROLEURS :
CONTRADICTIONS ET RECONFIGURATIONS ENTRE TECHNOLOGIES EN PROJET ET MISES EN PRATIQUES**

Dirigée par Anne Mayère

Soutenue le 26/09/2013 à l'Université Toulouse 3

Le domaine aérien a connu de nombreuses transformations socio-techniques qui se sont intensifiées dans le contexte contemporain de globalisation des économies. Au centre de ces transformations se trouvent notamment concernées les activités de production d'information et de communication des pilotes et des contrôleurs aériens, maillons indispensables de l'activité de la navigation aérienne. L'articulation technologie, organisation et systèmes d'activités est étudiée à travers la théorie de l'activité (Engeström, 1987) pour saisir l'imbrication de systèmes techniques de plus en plus normés et normalisant, établis par des instances internationales et nationales, et qui doivent être mises en œuvre localement. Avec la notion d'architexte (Jeanneret, 1999), cette recherche interroge le modèle de communication tel qu'inscrit et prescrit dans les systèmes techniques d'échanges pilotes-contrôleurs ; et identifie, à l'aune des pratiques observables, certaines questions-clés qui en résultent au plan des activités de pilotage et de contrôle aérien.

Mots-clés : Production d'information, Communication, Relation pilotes-contrôleurs, Technologie, Informatisation, Contradiction, Rationalisation.

**COMPUTERIZATION OF THE INFORMATION PRODUCTIONS AND COMMUNICATION ACTIVITIES
IN THE PILOTS' AND AIR-TRAFFIC CONTROLLERS' RELATION:
TECHNOLOGIES IN PROJECT / IN PRACTICE CONTRADICTIONS AND RECONFIGURATION**

The aviation industry has encountered numerous socio-technical transformations that have multiplied due to the contemporary climate of globalisation of economies. Pilots' and air-traffic controllers' information production and communication activities, which are essential to the air navigation activity, are particularly affected. In this paper, the theory of activity (Engeström, 1987) will be used to study the technology-organisation-system articulation. This should provide a deeper understanding of the interweaving of technical systems that are continuously more standardized and standardizing, established by international and national authorities, and that have to be implemented locally. Using the architext approach (Jeanneret, 1999), this research questions the communication model as it is registered and prescribed in the technical systems of pilots' and air-traffic controllers' exchanges. Moreover, it identifies, in light of observable practices, some resulting key questions at the level of piloting and air traffic control activities.

Keywords: Production of Information, Communication, Pilot-air-traffic-controller relationship, Technology, Computerization, Contradiction, Rationalisation.

SCIENCES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION

CERTOP (UMR 5044)
5, allée Antonio Machado
31058 Toulouse Cedex 9