

# **APPRENDRE ET INNOVER**

**UNE EXPLORATION DES MODALITES D'ADAPTATION ET DE  
CONDUITE DU CHANGEMENT ECONOMIQUE ET  
ORGANISATIONNEL**

## **MEMOIRE**

EN VUE DE L'OBTENTION DE  
L'HABILITATION A DIRIGER LES RECHERCHES  
EN SCIENCE ECONOMIQUE

Soutenu publiquement à l'Université de Strasbourg par

**Pierre BARBAROUX**

## **JURY**

Professeur Gilles GAREL - Conservatoire Nationale des Arts et Métiers (RAPPORTEUR)

Professeure Cécile GODE - Aix-Marseille Université

Nathalie LAZARIC - Directrice de recherche au CNRS (RAPPORTEUR)

Professeur Jean-Fabrice LEBRATY - Université de Lyon III (RAPPORTEUR)

Professeur Patrick LLERENA - Université de Strasbourg

Professeur Julien PENIN - Université de Strasbourg (DIRECTEUR DE LA RECHERCHE)

**Mercredi 21 juin 2017**

**APPRENDRE ET INNOVER**  
UNE EXPLORATION DES MODALITES D'ADAPTATION ET DE  
CONDUITE DU CHANGEMENT ECONOMIQUE ET ORGANISATIONNEL

Pierre BARBAROUX



L'Université n'entend ni approuver ni désapprouver les opinions particulières du candidat.

Le contenu de ce mémoire n'engage que son auteur et ne représente en rien l'opinion du ministère de la Défense ou de l'Armée de l'air.



## **REMERCIEMENTS**

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à Julien Pénin pour son indéfectible soutien et ses encouragements constants lors de la rédaction de ce travail.

J'adresse également un remerciement chaleureux à mes collègues et amis Gilles Enée, Cécile Godé, Amel Attour, Anaïs Gautier, Blandine Laperche et Victor Dos Santos Paulino. Les idées développées dans ce mémoire sont aussi les vôtres.

Je salue enfin mes camarades du Centre de Recherche de l'Armée de l'air : Cyril, Colin, Vincent, Christophe, Thierry, Olivier, Emilien, Yves et Laurence pour leur disponibilité et leur bienveillance durant les longs mois qui ont précédé la soutenance.

Je dédie ce mémoire à mes deux amours : Magali et Jérémie.



## **RESUME**

Le changement économique et organisationnel est un phénomène d'une grande complexité. Quelle qu'en soit l'échelle ou la dimension, le changement est l'essence même de la vie des affaires. Ses sources sont imprévisibles et ses conséquences sont incertaines pour les individus comme pour les équipes et les organisations. Le changement peut-être subi ou désiré et représenter une menace ou une opportunité. Il peut être interne ou externe et être perçu positivement ou négativement par les acteurs qui le conçoivent ou qui le mettent en œuvre.

Ce mémoire adresse une question essentielle pour les économistes et les gestionnaires : quelles modalités les individus et les organisations mettent-ils en œuvre en vue de s'adapter et de conduire le changement ?

L'hypothèse principale que nous formulons pour répondre à cette question est que les capacités de gestion du changement déployées par les individus et les organisations relèvent de la mobilisation de deux processus de connaissances : l'apprentissage et l'innovation. Ensemble, ces deux processus désignent les principales modalités permettant aux individus et aux organisations d'anticiper et de conduire le changement.



## TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS .....	5
RESUME .....	7
TABLE DES MATIERES .....	9
AVANT PROPOS .....	13
INTRODUCTION GENERALE .....	17
I. POUR UNE APPROCHE EVOLUTIONNISTE DE L'ADAPTATION ET DE LA CONDUITE DU CHANGEMENT ECONOMIQUE.....	19
II. ANTICIPER ET CONDUIRE LE CHANGEMENT : LE ROLE DES PROCESSUS D'APPRENTISSAGE ET D'INNOVATION.....	22
III. ANNONCE DU PLAN.....	25
CHAPITRE 1. APPRENTISSAGE ADAPTATIF ET COORDINATION INTERINDIVIDUELLE.....	29
I. LA RATIONALITE INDUCTIVE ET L'APPRENTISSAGE ADAPTATIF.....	31
II. LA COORDINATION ASYMETRIQUE DANS UN CONTEXTE DE CHOIX BINAIRE.....	35
IV. ENSEIGNEMENTS.....	39
CHAPITRE 2. CHANGEMENT TECHNOLOGIQUE ET DEVELOPPEMENT DES COMPETENCES .....	43
I. LE CHANGEMENT TECHNOLOGIQUE ET LA FLEXIBILITE DES USAGES .....	45
II. LA POLY-FONCTIONNALITE DE LA TECHNOLOGIE ET LE DEVELOPPEMENT DES COMPETENCES..	49
III. LE CHANGEMENT TECHNOLOGIQUE ET LE TRANSFERT DES COMPETENCES.....	53
IV. ENSEIGNEMENTS.....	56
CHAPITRE 3. L'APPRENTISSAGE DANS ET PAR LES ORGANISATIONS : UN PROCESSUS EXPERIENTIEL.	59
I. LES APPROCHES PRAGMATISTES DE L'APPRENTISSAGE ORGANISATIONNEL.....	63
II. VERS UNE ARCHITECTURE D'APPRENTISSAGE ORGANISATIONNEL.....	67
III. LES BARRIERES A L'APPRENTISSAGE ORGANISATIONNEL.....	71
IV. ENSEIGNEMENTS.....	77
CHAPITRE 4. GESTION DU CHANGEMENT ET CAPACITES D'INNOVATION.....	79
I. LA CONDUITE DU CHANGEMENT COMME CAPACITE DE DESIGN ORGANISATIONNEL.....	81
II. LA CONDUITE DU CHANGEMENT COMME CAPACITE D'INNOVATION .....	86
III. ENSEIGNEMENTS.....	92
CHAPITRE 5. NAISSANCE DES ECOSYSTEMES D'AFFAIRES ET EVOLUTION DES INDUSTRIES .....	95
I. LA NAISSANCE D'UNE NOUVELLE INDUSTRIE.....	98
II. LE CYCLE DE VIE DES ECOSYSTEMES D'AFFAIRES .....	104
III. ENSEIGNEMENTS.....	108

CHAPITRE 6. PISTES DE RECHERCHE.....	111
I. L'APPRENTISSAGE ET LA PRISE DECISION INDIVIDUELS: UN PROJET DE RECHERCHE QUI COMBINE ECONOMIE EXPERIMENTALE ET SYSTEMES MULTI-AGENTS.....	112
II. LA CONDUITE DU CHANGEMENT TECHNOLOGIQUE ET ORGANISATIONNEL COMME PROCESSUS DE LEGITIMATION.....	116
III. LE CYCLE DE VIE DES INDUSTRIES DE SYSTEMES COMPLEXES ET LA DYNAMIQUE DES MOTIVATIONS DES ACTEURS .....	120
REMARQUES CONCLUSIVES .....	125
ANNEXE 1. L'APPRENTISSAGE INDIVIDUEL ET LA COORDINATION DANS LE MODELE EL FAROL .....	127
ANNEXE 2. LES USAGES DU TEXT CHAT DANS LES FORCES DE L'OTAN.....	139
ANNEXE 3. L'IMPACT DU RAFALE SUR LES COMPETENCES DES PILOTES DE CHASSE .....	143
ANNEXE 4. L'INTRODUCTION DE L'A400M ATLAS ET LE TRANSFERT DES COMPETENCES DANS LES ESCADRONS DE TRANSPORT .....	147
ANNEXE 5. LES PROCEDURES DE BRIEFING-DEBRIEFING DANS L'ARMEE DE L'AIR .....	151
ANNEXE 6. L'APPRENTISSAGE ACTION EN ENVIRONNEMENT VIRTUEL DANS L'AVIATION LEGERE DE L'ARMEE DE TERRE .....	155
ANNEXE 7. LA TRANSFORMATION DES ORGANISATIONS DE DEFENSE AU SEIN DE L'OTAN .....	161
ANNEXE 8. LE DEVELOPPEMENT D'ARPANET : PREMIER RESEAU DE TELECOMMUNICATION NUMERIQUE .....	165
ANNEXE 9. L'EVOLUTION DE L'INDUSTRIE SPATIALE .....	169
ANNEXE 10. LE CYCLE DE VIE DES ECOSYSTEMES D'AFFAIRES : LE CAS SOPHIA ZEN.....	179
ANNEXE 11. L'APPLICATION DE LA METHODE EXPERIMENTALE : UNE EXPERIENCE PEDADOGIQUE DU JEU DE LA MINORITE .....	185
ANNEXE 12. LA GESTION DU CHANGEMENT COMME PROCESSUS DE LEGITIMATION : LE CAS DU CENTRE DE GUERRE AEROSPATIALE CANADIEN .....	193
LISTE DES TRAVAUX DU CANDIDAT.....	199
LISTES DES TRAVAUX CITES DANS LE MEMOIRE .....	207





## AVANT PROPOS

La rédaction d'un mémoire pour l'obtention d'une habilitation à diriger des recherches (HDR) offre l'opportunité aux chercheurs d'adopter une posture réflexive relevant de l'examen critique de leur production scientifique. Le but est évidemment de chercher à « donner du sens » à un parcours professionnel singulier.

Deux étapes majeures jalonnent mon parcours.

La première sanctionne mes années de formation au métier de la recherche par une thèse de doctorat en sciences économiques soutenue en décembre 2003 à l'Université de Nice-Sophia Antipolis (UNS). Expérience formatrice, ces années consacrées à la rédaction de ma thèse de doctorat m'ont enseigné que l'ouverture à d'autres disciplines permettait de formuler et de traiter différemment deux questions essentielles de la théorie économique : la prise de décision individuelle et la coordination interindividuelle. Elles m'ont également sensibilisé aux exigences méthodologiques qu'implique le recours à une pluralité d'approches théoriques et d'instruments de modélisation issus de disciplines scientifiques différentes.

La seconde étape débute avec mon affectation au centre de recherche de l'armée de l'air (CReA) en septembre 2004, d'abord en tant que chercheur puis en tant que responsable d'une équipe de recherche composée d'économistes et de gestionnaires. Cette période marque une évolution de mon profil de chercheur. Celle-ci se caractérise par un enrichissement à la fois thématique et méthodologique à travers le choix de nouveaux objets de recherche, notamment l'étude des processus d'apprentissage organisationnel, d'innovation et, depuis 2016, l'analyse de la résilience des systèmes cyber-physiques en milieu aérospatial.

Mes fonctions au sein du centre de recherche de l'armée de l'air m'ont naturellement permis d'accéder à des données empiriques provenant d'organisations militaires (e.g., escadrons de chasse et de transport de l'armée de l'air, simulateurs utilisés par les personnels de l'aviation légère de l'armée de terre, centre de guerre aérospatial canadien). Les enseignements tirés de l'expérience militaire sont particulièrement riches pour les praticiens comme pour les chercheurs en sciences sociales, en particulier ceux concernés par les problématiques de l'apprentissage et de la fiabilité organisationnels, du management des équipes ou de la prise de décision (Ron et al. 2006 ; Klein 2008). Comme le souligne Scarborough (1993, p. 271), « *un certain nombre d'attributs culturels et de pratiques managériales issus du monde militaire pourrait directement améliorer certaines faiblesses actuelles et présumées du management des affaires* ».

Les implications théoriques et pratiques de mes recherches ne sont donc pas limitées aux seules organisations de Défense mais concernent également les organisations civiles. D'ailleurs, une partie de mes travaux de recherche explorent les processus d'apprentissage et d'innovation à l'œuvre dans d'autres organisations que celles de la défense, en particulier le secteur spatial civil (e.g., satellites) et l'industrie des télécommunications et des technologies de l'information et de la communication (e.g., Internet, écosystèmes plateforme de type NFC).

Avec le recul, je considère que la curiosité et l'ouverture aux autres ont guidé le choix de mes thèmes de recherche. Et si ce choix a nécessité de « sortir des sentiers battus » disciplinaires, je m'y suis attelé avec enthousiasme et conviction. J'estime aujourd'hui que les frontières entre les disciplines de l'économie, du management et de la cognition humaine sont largement artificielles : le choix des concepts, des méthodes et des instruments de modélisation doit avant tout être dicté par les propriétés du phénomène étudié ainsi que par la question de recherche posée. Cette posture m'apparaît d'autant plus pertinente que mes travaux s'inscrivent dans le champ des sciences de l'homme et de la société (SHS) où les phénomènes étudiés admettent de multiples facettes souvent entremêlées, justifiant le dialogue entre disciplines scientifiques différentes. Voilà pourquoi certains de mes travaux défendent une posture pragmatiste de la connaissance quand d'autres reposent sur une épistémologie positiviste de type expérimentale. Cela permet également de mieux apprécier les raisons qui m'ont conduit parfois à concevoir des dispositifs méthodologiques fondés sur des études de cas, et d'autres fois à procéder à la reconstruction des phénomènes dans une démarche historique, voire à combiner les méthodologies qualitative et quantitative quand l'objet de ma recherche s'y prêtait. Cette diversité thématique et méthodologique s'est finalement incarnée à travers des collaborations avec d'autres chercheurs, ouverts au dialogue entre les disciplines scientifiques (sciences économiques et de gestion, sciences de l'artificiel et de la cognition humaine).

L'objectif premier de ce mémoire est de montrer que la diversité et la pluridisciplinarité des champs de connaissances explorés et des méthodologies adoptées servent un projet de recherche cohérent. Au cœur de ce projet de recherche se trouvent deux thèmes transversaux et une question centrale. Les thèmes sont ceux de l'apprentissage et de l'innovation, deux processus économiques et organisationnels relevant des multiples échelles et dimensions. La question concerne le rôle joué par ces deux processus en matière d'adaptation et de conduite du changement économique et organisationnel.





## INTRODUCTION GENERALE

Ce mémoire adresse une question centrale pour les économistes et les théoriciens des organisations : quelles modalités les individus et les organisations mettent-ils en œuvre pour s'adapter et conduire le changement ?

Pour tenter d'y répondre, nous considérons que l'économie est un système complexe de type évolutionniste. Dans ce cadre, le changement désigne une propriété comportementale du système qui émerge des multiples interactions entre les entités qui le composent, dans des conditions de temps et de lieu spécifiques.

Cette position, défendue notamment par Alfred Marshall, suggère que la propriété essentielle du système économique est le changement. Marshall (1909, pp. 84-86) considère en effet que celui-ci n'a pas le caractère de permanence propre aux objets de recherche dans les sciences mathématiques et physiques : l'organisation et l'action économiques sont, par nature, dépendantes des conditions historiques et sont par nature amenées à changer. La notion d'organisation économique au sens marshallien concerne ainsi « *tous les domaines qui relèvent de l'interaction sociale, délibérée ou auto-organisée, entre individus et sont relatifs à toutes les formes variées de la connaissance humaine (...) Elle est l'expression d'une véritable tendance dynamique qui traduit, dans le champ de la sphère économique, le mouvement général de tout organisme complexe* » (Arena 2001, pp. 107-108).

Pour l'économiste britannique, la science elle-même progresse dans un sens qui doit permettre de rendre compte, d'une part, de l'organisation sociale dans une perspective historique et, d'autre part, de la complexité de la relation que les individus entretiennent vis-à-vis de l'organisation sociale. Cette position, au moment où Marshall écrit ses *Principes*, est liée à l'émergence et à la généralisation des thèmes généraux de l'évolution. Aussi, le développement normal de la théorie économique est-il selon lui de se rapprocher peu à peu de la complexité réelle de ce qu'elle étudie en intégrant dans ses hypothèses économiques fondamentales, les notions de sens commun<sup>1</sup>, d'induction et d'évolution.

---

<sup>1</sup> Marshall défend l'idée que la théorie économique doit être utile dans la conduite des affaires ordinaires. Ainsi, la complexité du système économique est telle qu'il est nécessaire d'employer des raisonnements de sens commun afin d'établir des théories réalistes au regard des processus économiques concrets. Comme le souligne Comim (2000, p. 36), « *le sens commun est important pour Marshall non seulement parce qu'il permet à l'économiste de maîtriser la complexité mais aussi parce qu'il incorpore les facultés de raisonnement et de jugement nécessaires pour organiser les faits, développer les théories et appliquer ces dernières à des cas concrets* ».

Cette conception marshallienne du progrès des connaissances économiques est très proche de celle exprimée par Friedrich von Hayek lorsqu'il développe sa théorie de la coordination économique. Hayek considère en effet que les deux caractéristiques principales du système économique sont, d'une part, la complexité des interactions entre agents détenteurs d'une connaissance partielle à propos des conditions économiques et, d'autre part, la temporalité de leurs transactions et de leurs relations. Selon lui, la reconnaissance du rôle déterminant accordé aux interactions et aux relations interindividuelles, comme celui accordé à la dispersion et à l'incomplétude des connaissances détenues par les agents économiques, justifie d'opérer un examen critique des prémisses comportementaux ainsi que des instruments de modélisations utilisés par les économistes (Hayek 1945, p. 530). Pour l'économiste autrichien, toute théorie économique qui exclurait, par hypothèse, le caractère dynamique des interactions est limitée car elle évince d'emblée une dimension essentielle de l'analyse : l'*adaptation* des individus et des organisations à des conditions concurrentielles changeantes<sup>2</sup> (Hayek 1948, pp. 101-202). Dans cette optique, Hayek suggère que la dynamique des marchés repose sur un processus complexe et décentralisé de convergence des représentations individuelles, celles-ci étant définies comme des éléments de connaissance (e.g., des anticipations à propos de l'évolution des prix). Selon Laville (2000, p. 1029), « *la particularité de Hayek est qu'il aborde ce problème dans une optique cognitive, persuadé que la division des connaissances, et non du travail, constitue le problème fondamental de l'économie* ». En mettant en avant le rôle de l'adaptation en tant que processus dynamique de formation et de convergence des représentations individuelles, Hayek propose une théorie évolutionniste de la coordination qui intègre « *les processus d'apprentissage et la manière dont ils affectent la production de connaissances au niveau individuel et social* » (Rizzello et Turvani, 2000, p. 166).

Etudier les modalités d'adaptation et de conduite du changement économique suppose donc d'adopter une vision cognitive du comportement de l'économie considérée comme un système complexe évolutionniste.

---

<sup>2</sup> « *La solution du problème économique de la société est, de ce point de vue, toujours un voyage exploratoire dans l'inconnu, une tentative tournée vers la découverte de nouvelles manières de faire plus efficaces que ce qui avait été fait auparavant. Cela doit toujours être ainsi tant qu'il y aura des problèmes économiques à résoudre car tous les problèmes économiques sont créés par des changements imprévisibles qui nécessitent une adaptation* » (Hayek 1948, p. 101).

## ***I. POUR UNE APPROCHE EVOLUTIONNISTE DE L'ADAPTATION ET DE LA CONDUITE DU CHANGEMENT ECONOMIQUE***

L'application de concepts issus d'autres disciplines scientifiques comme la physique, la psychologie ou la biologie n'est pas étrangère aux sciences humaines et sociales. En particulier, les concepts évolutionnistes d'inspirations darwinienne, malthusienne ou lamarckienne ont été largement utilisés par les économistes et les théoriciens des organisations (Khalil 1998 ; Hodgson 1996 ; Dosi et Marengo 2007). Thorstein Veblen, Friederich von Hayek, Joseph Schumpeter et Alfred Marshall sont souvent cités comme les pionniers de l'introduction des principes de la théorie de l'évolution dans le champ des sciences économiques et sociales (Arena 2001 ; Cordes 2007 ; Hodgson 1998 ; Powell et Wakeley 2003).

Selon Moldoveanu et Singh (2003, p. 439), « *penser les phénomènes organisationnels en termes de processus évolutionnaires (...) à déjà produit un série de modèles intéressants pour étudier la dynamique des firmes dans une industrie (...), les stratégies des firmes au sein d'une population (...), les méthodes de conception à l'échelle d'une industrie (...), les routines et les comportements au sein de la firme (...) et même les pensées et les idées des individus dans le cadre de processus de pensée créatifs (...)* ». Ces différents modèles ont en commun d'appliquer les mécanismes de la variation, de la sélection et de la conservation à l'étude de leurs objets respectifs. La logique qui guide l'application de ces mécanismes est ainsi résumée par Powell et Wakeley (2003, p. 154) : « *si un système est caractérisé par la variété de ses éléments, seuls ceux qui sont adaptés [fit with] à l'environnement survivent ; l'idée est qu'ils sont sélectionnés en fonction d'un critère d'adaptabilité [fitness] spécifique de cet environnement. La notion de conservation signifie que les éléments qui survivent continuent de proposer leurs attributs positifs au cours du temps* ».

Le recours à la théorie évolutionniste en sciences sociales, notamment dans sa version néo-darwinienne, présente toutefois certaines limites (Arena et Lazaric 2003, pp. 341-343). A la différence des systèmes vivants naturels, les systèmes socio-économiques sont composés d'un grand nombre d'éléments socio-matériels, institutionnels et, surtout, d'êtres humains, dont les propriétés changent simultanément, rendant inopérante la transposition systématique du mécanisme de sélection naturelle. Cordes (2007, p. 137) rappelle justement que « *les êtres humains disposent de capacités cognitives qui leur permettent d'anticiper et d'éviter les effets de la sélection. Les comportements, les habitudes, les routines, ou les institutions ne sont pas*

*aussi stables que le matériel génétique, mais s'adaptent systématiquement aux pressions de la sélection ».*

Le résultat est qu'il est impossible de considérer l'évolution d'un système socio-économique sans introduire une relation récursive entre les mécanismes de variation et les mécanismes de sélection. Cette relation entre la génération de variété et sa réduction par application d'un mécanisme de sélection ouvre la voie d'une définition proprement socio-économique de l'évolution. Witt (1993, p.3) estime justement que cette définition doit offrir un cadre permettant d'apprécier « *le rôle crucial de la nouveauté, de son émergence et de sa diffusion* ». Or, dans les systèmes socio-économiques, la principale source de nouveauté est liée à la capacité d'apprentissage et à la créativité des individus lorsqu'ils prennent des décisions et résolvent des problèmes (Hodgson 1993). Dès lors, le défi majeur n'est pas de reproduire le processus aveugle de variation-sélection-conservation tel que la théorie néo-darwinienne le conçoit au niveau génétique mais de comprendre comment opère le processus créatif par lequel les idées et les connaissances humaines sont générées, sélectionnées et conservées au sein d'un système socio-économique complexe. La créativité intervient ensuite à travers la construction de nouvelles compétences susceptibles d'induire l'émergence de nouvelles « niches » écologiques et environnementales.

Dans cette optique, toute théorie socio-économique de l'évolution et du changement se confond nécessairement avec une théorie de l'apprentissage<sup>3</sup>. L'origine et la finalité de toute explication socio-économique de l'évolution relève ainsi de la formulation d'une théorie de l'apprentissage fondée sur l'interaction et la résolution de problèmes<sup>4</sup>. Celle-ci doit permettre de mieux comprendre comment les comportements et les connaissances individuels résultent de l'application des mécanismes de génération, de sélection et de conservation<sup>5</sup>, et comment

---

<sup>3</sup> Cette position est explicitement défendue par Jürgen Habermas. Pour le philosophe allemand, « *l'utilité heuristique du modèle biologique consiste à diriger notre attention vers le mécanisme d'apprentissage évolutionnaire* » (Habermas 1984, p. 171 ; cité par Kirkpatrick 2003, p. 93).

<sup>4</sup> Karl Popper estime également que la résolution de problèmes est le moteur de l'évolution des connaissances. A partir d'un patrimoine donné (génétique, comportemental et théorique), Popper explique que le progrès des connaissances procède de changements endogènes produits par essai-erreur en réponse « *à des pressions extérieures de l'environnement, à des changements écologiques, ou encore à des problèmes pratiques ou théoriques* » (Boyer 2007, p. 153).

<sup>5</sup> La psychologie évolutionnaire (Cosmides et Tooby 1987) ainsi que la théorie mimétique (Dawkins 1976) permettent d'avancer dans cette direction, considérant, pour l'un, que la rationalité humaine est le fruit de l'évolution biologique au sens Darwinien et, pour l'autre, que les cognitions humaines (e.g., idées, opinions, représentations, croyances) constitutives de la culture d'une communauté humaine émergent, se diffusent et disparaissent selon des mécanismes semblables à ceux gouvernant l'évolution biologique (e.g., mutation, recombinaison, variation, sélection).

ces mêmes mécanismes dirigent l'agrégation des différentes échelles de l'évolution (i.e., des modèles mentaux aux comportements individuels, des comportements individuels aux capacités organisationnelles, des capacités organisationnelles aux structures organisées, aux normes sociales et aux valeurs culturelles etc.).

La recherche en sciences sociales a longtemps éprouvé les plus grandes difficultés à traiter ces questions où des agents (individus, organisations) interagissent, décident et apprennent dans un monde instable, dynamique et changeant. L'une des raisons de cette difficulté tient à l'inadéquation des modèles formels et des outils développés au sein des paradigmes dominants en sciences économiques et sociales (i.e., théorie de la rationalité, théorie des marchés, concepts d'équilibre etc.) pour étudier l'évolution, l'émergence et la génération de nouveautés (Arena et Lazaric 2003). Dans un système complexe en effet, le changement se manifeste à différentes échelles et mobilise différentes dimensions. Celles-ci sont attachées aux composants du système qui, selon la terminologie d'Herbert Simon (1969), interagissent d'une façon non simple pour générer des comportements collectifs imprévisibles et potentiellement surprenants.

Dans les années 1970 et 1980, les chercheurs ont développé des techniques de modélisation permettant justement d'étudier le comportement de systèmes complexes adaptatifs (*Complex Adaptive Systems* ; Holland et Miller 1991). Ces systèmes sont qualifiés d'*adaptatifs* car les agents qui composent leur architecture sont capables d'assigner une valeur aux actions qu'ils entreprennent dans leur environnement. De plus, ils se comportent de telle sorte à augmenter cette valeur au cours du temps (Holland et Miller 1991, p. 365).

Ces deux propriétés (auto-évaluation et amélioration de la performance des actions) sont les fondements d'une définition formelle opératoire du processus d'apprentissage à l'œuvre au sein d'un système complexe de type évolutionniste, dont le comportement résulte des interactions répétées entre les éléments qui le composent<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> Les systèmes complexes sont de différents types. Qu'ils soient sociaux, physiques, biologiques ou artificiels, ils partagent toutefois un certain nombre d'attributs (Bar-Yam 1997). Ainsi, leur architecture est composée d'un grand nombre d'éléments en interaction et qui sont liés dynamiquement par des relations récursives (*feedback*). Chaque élément est ignorant du comportement global du système dont l'architecture et les frontières sont instables car les interdépendances entre composants évoluent sans cesse en réponse aux demandes de changement de l'environnement. Enfin, les systèmes complexes produisent des comportements émergents qui leur permettent de s'adapter aux perturbations externes tout en préservant leur intégrité et leur identité.

## ***II. ANTICIPER ET CONDUIRE LE CHANGEMENT : LE ROLE DES PROCESSUS D'APPRENTISSAGE ET D'INNOVATION***

Dans un système socio-économique complexe, le changement se révèle différemment à l'échelle d'un individu, d'un groupe d'individu, d'une organisation ou d'une industrie. Les différentes échelles individuelles, intra-organisationnelle et inter-organisationnelle suivent une logique de co-construction ou de coévolution, rendant délicate l'identification des relations de causalité entre elles (Cilliers 1998 ; Anderson 1999). Il en va de même pour les dimensions phénoménologiques du changement. Il est en effet difficile de chercher à comprendre comment opère le changement aux différentes échelles sans analyser les relations d'interdépendance entre ses dimensions cognitives, structurelles, culturelles, émotionnelles, économiques, réglementaires ou sociales.

Nous proposons de distinguer les échelles et les dimensions du changement et de considérer que les modalités d'adaptation et de conduite du changement diffèrent selon l'échelle et les dimensions considérées.

La conséquence de cette distinction est que l'étude des modalités de gestion du changement à l'échelle d'un individu nécessite la formulation de questions de recherche particulières et justifie le déploiement de méthodes, d'outils et de cadres conceptuels spécifiques, différents de ceux déployés pour étudier les modalités de gestion du changement à l'échelle intra-organisationnelle ou inter-organisationnelle. De la même manière, l'analyse des modalités d'adaptation et de conduite du changement dans ses multiples dimensions phénoménologiques requière l'emploi de méthodes, d'outils et de cadres théoriques appropriés en vue de répondre à des questions de recherche spécifiques.

Est-il pertinent, dès lors, de chercher à identifier des principes généraux à partir desquels étudier des modalités d'adaptation et de conduite du changement qui transcendent les échelles et embrassent les différentes dimensions du changement ?

Notre réponse à cette question est positive. Nous supposons en effet que dans une perspective évolutionniste et cognitive, les individus et les organisations répondent à la nécessité et à l'opportunité du changement à travers deux modalités communes : l'apprentissage et l'innovation. L'apprentissage permet ainsi aux individus et aux organisations de développer respectivement des règles de décision (Barbaroux 2009) et des routines (Arena et Lazaric 2003), de forger des aptitudes individuelles et des compétences collectives (Godé et Barbaroux 2010 ; Barbaroux 2011), qui leur permettent de s'adapter et de conduire le

changement. C'est également par apprentissage que les acteurs transforment leur environnement, inventent et commercialisent de nouvelles idées qui, en retour, peuvent donner naissance à de nouvelles industries ou de nouveaux écosystèmes d'affaires (Barbaroux 2012 ; Barbaroux 2014 ; Attour et Barbaroux 2016a ; Attour et Barbaroux 2016b).

Il apparaît, de plus, que l'apprentissage et l'innovation sont des processus *de même nature* (Barbaroux et Attour 2016). Les économistes et les théoriciens des organisations nous enseignent en effet que les individus et les organisations apprennent et innovent en « produisant » collectivement des connaissances. Il est ainsi remarquable d'observer que l'apprentissage et l'innovation reposent tous deux sur des processus individuels et collectifs relevant de la génération, de l'application et de l'exploitation d'une variété de connaissances tacites et explicites (Barbaroux, Attour et Schenk 2016). Les processus de connaissances (e.g., combinaison, intégration et absorption, transfert, partage et diffusion) sont en ce sens le fondement et la finalité de l'apprentissage et de l'innovation.

- Ils sont le fondement sur lequel reposent les mécanismes d'apprentissage à l'origine du développement des capacités d'innovation des firmes, des compétences des individus et des équipes et, plus largement, de la transformation des organisations (Zollo et Winter 2002 ; Teece 2010).
- Ils en sont aussi la finalité puisque l'invention et la commercialisation de nouvelles idées (Arthur 2007) ainsi que le développement de capacités individuelles et collectives relèvent de la génération, de l'application et de la valorisation des connaissances (Balogun et Jenkins 2003).

L'hypothèse de travail retenue dans ce mémoire peut donc être formulée de la façon suivante : l'adaptation et la conduite du changement reposent sur l'apprentissage et l'innovation, deux modalités ancrées dans un ensemble de processus de connaissances. Ces processus visent à développer, pour l'une, des capacités, des compétences et des aptitudes individuelles et organisationnelles en vue de s'adapter et/ou de conduire le changement ; pour l'autre, ils supportent la production de connaissances nouvelles, incorporées dans des technologies, des produits, des services, des organisations et des processus nouveaux<sup>7</sup>, ces derniers offrant des ressources utiles aux organisations en vue de s'adapter et de conduire le changement.

---

<sup>7</sup> Nous reprenons ici la typologie schumpetérienne des innovations.

Cette hypothèse, inspirée de ce que Moldoveanu et Singh (2003) nomment la « *logique évolutionnaire* » appliquée aux sciences sociales, parcourt l'ensemble de mes travaux de recherche. Dans la thèse par exemple, nous avons étudié (avec Gilles Enée) le comportement d'une population d'individus confrontés à un problème de coordination pour le partage d'une ressource rare. Pour cela, nous avons adopté la perspective évolutionniste et considéré que le couple formé par les individus et l'environnement décisionnel dans et avec lequel ils interagissent pouvait être défini comme un système complexe adaptatif. Dans cette perspective, modéliser le comportement d'apprentissage d'un individu nous a conduit à formuler l'hypothèse, valide sur le plan cognitif, selon laquelle chaque individu est capable d'améliorer, par apprentissage et expérimentations, la performance des actions qu'il entreprend. Cette hypothèse, inspirée des travaux d'Herbert Simon sur la prise de décision et ceux des psychologues évolutionnaires sur la rationalité (Cosmides et Tooby 1987), signifie que les individus *apprennent à décider de façon rationnelle en résolvant des problèmes*. A partir de ce présupposé, nous avons modélisé le comportement d'une population d'individus confrontés à un problème de coordination asymétrique en utilisant une catégorie particulière d'algorithmes évolutionnaires (e.g., les systèmes classificatoires dit de « Pittsburgh ») spécialement développée pour étudier le comportement de systèmes complexes adaptatifs. Nous avons alors pu analyser comment les individus apprennent à améliorer la performance de leurs actions et à développer une capacité collective de résolution de problèmes.

Dans un registre différent, j'ai mobilisé la logique évolutionniste et la théorie des systèmes complexes pour étudier les processus de changement et de design intra-organisationnel. Les organisations intègrent en effet une variété de ressources tangibles et intangibles qui sont autant d'éléments organisationnels nécessitant d'être coordonnés pour produire des biens et des services susceptibles de créer de la valeur. Les organisations sont ainsi composées d'individus capables d'apprendre à résoudre individuellement et collectivement des problèmes, parfois de façon innovante, en mobilisant une variété de ressources distribuées au sein d'une architecture organisationnelle. C'est cette approche que nous avons retenue (en particulier avec Cécile Godé) pour étudier la transformation des organisations militaires sur le modèle de l'organisation réseau-centrée (*network-centric organization*). D'un modèle hiérarchique verticalement intégré, les organisations militaires ont progressivement transformé leurs structures, leurs compétences, leurs technologies et leurs modèles de commandement et de conduite des opérations (C<sup>2</sup>) pour bénéficier des vertus attachées aux organisations apprenantes réticulées. Nous avons montré que les propriétés comportementales

des organisations réseau-centrées sont la polyvalence et la flexibilité des modes d'action, ainsi que l'auto-synchronisation des actions et des effets. Ces propriétés permettent à l'organisation de s'adapter aux conditions changeantes de son environnement opérationnel (Sigglekow et Rivkin 2005). Elles facilitent également la conduite, parfois simultanée, de plusieurs opérations distribuées géographiquement, incluant les opérations de maintien de la paix, de police ou de soutien humanitaire. Sans développer davantage les apports, les leviers et les limites de la transformation des organisations militaires, il apparaît que son objectif principal était d'améliorer leur capacité d'anticipation et d'action dans un contexte dynamique, imprévisible et changeant, en offrant aux individus et aux équipes qui les composent les moyens matériels et immatériels de partager des informations et des connaissances et de développer des capacités collectives d'apprentissage et de résolution de problèmes<sup>8</sup>.

### ***III. ANNONCE DU PLAN***

Nous considérons dans ce mémoire que la théorie des systèmes complexes adaptatifs et les principes de l'évolution fournissent un cadre théorique, un langage et des modèles permettant d'étudier les modalités d'adaptation et de conduite du changement à l'échelle d'un individu, d'une organisation ou d'un groupe d'organisations.

Par modalités d'adaptation et de conduite du changement, nous désignons l'ensemble des comportements, dispositifs et processus d'apprentissage et d'innovation par lesquels les individus et les organisations transforment leurs règles de décision et leurs modèles d'action, font évoluer leurs compétences en vue de résoudre des problèmes, et développent des capacités nouvelles. Nous entendons également les mécanismes d'apprentissage et d'innovation par lesquels les organisations modifient leurs structures et leurs modèles de gouvernance, ainsi que les technologies qu'elles utilisent pour produire des biens et des services, communiquer des informations et gérer des connaissances. Enfin, les modalités d'adaptation et de conduite du changement engagent la transformation des valeurs culturelles et des normes sociales qui caractérisent les environnements institutionnels et organisationnels dans lesquels les individus et les organisations opèrent.

---

<sup>8</sup> Nous avons exploré ce thème du design des organisations apprenantes dans une autre série d'articles consacrés, d'une part, à l'étude des procédures d'apprentissage dans et par l'action utilisés dans les escadrons (briefing-débriefing, retours d'expérience) et, d'autre part, à l'étude des processus de développement des compétences individuelles et collectives au sein des organisations militaires, en particulier dans un contexte de changement technologique. A l'échelle inter-organisationnelle, nous avons mobilisé (avec Amel Attour et Victor Dos Santos Paulino) les concepts évolutionnistes afin d'étudier la naissance et le développement des écosystèmes d'affaires et des industries (e.g., cycle de vie, apprentissage, adaptation). J'y reviendrais dans la suite de ce mémoire.

Cinq thématiques de recherche, relevant des trois échelles individuelle, intra-organisationnelle (et collective) et inter-organisationnelle, reflètent la diversité de mes travaux de recherche.

Les cinq thématiques sont :

1. La modélisation des processus d'apprentissage individuels (échelle individuelle).
2. Le développement des compétences individuelles et collectives (échelles intra-organisationnelle).
3. Les processus d'apprentissage dans et par les organisations (échelle intra-organisationnelle).
4. Les capacités des organisations en matière de transformation et d'innovation (échelle intra-organisationnelle).
5. Le cycle de vie des écosystèmes d'affaires et des industries innovants (échelle inter-organisationnelle).

Le plan du présent mémoire est ainsi organisé en cinq chapitres, auquel s'ajoute un dernier chapitre consacré à la discussion des pistes de recherche que je souhaite poursuivre à l'avenir.

Le premier chapitre (chapitre 1) aborde la question de la modélisation des processus d'apprentissage individuel et de coordination interindividuelle. L'articulation des niveaux individuel et collectif de l'apprentissage est au cœur de la dynamique de changement qui gouverne la coordination interindividuelle, considérée ici comme un processus collectif de résolution de problèmes. Les dimensions du changement sont alors de deux ordres : la complexité cognitive des comportements d'apprentissage des individus et la complexité informationnelle de l'environnement (i.e., qualités des informations et degré de stabilité des problèmes à résoudre) dans lequel ils évoluent et avec lequel ils interagissent.

Les deuxième et troisième chapitres traitent du développement des compétences individuelles et collectives (chapitre 2) et de l'apprentissage dans et par les organisations (chapitre 3) comme modalités de gestion du changement. Comment les acteurs développent-ils des compétences lorsqu'ils sont confrontés au changement technologique ? Quelles sont les facteurs favorables à l'apprentissage individuel et collectif ? Ici, la question de l'articulation des échelles individuelle et collective de l'apprentissage est fondamentale. Les dimensions du changement sont également multiples, à la fois structurelles, cognitives, culturelles, et technologiques. Ensemble, ces échelles et dimensions du changement permettent de

caractériser l'organisation apprenante comme un système complexe adaptatif composé d'une variété de ressources socio-matérielles, informationnelles et cognitives.

Le quatrième chapitre (chapitre 4) prolonge la réflexion des deux parties précédente et aborde le thème des capacités organisationnelles mobilisées pour conduire le changement. Utilisant la théorie des systèmes complexes quasi-décomposables, ce quatrième chapitre permet de spécifier les propriétés de la capacité d'innovation de l'organisation celle-ci relevant de l'articulation de trois catégories de compétences utiles pour la conduite du changement (design organisationnel, gestion des connaissances et gouvernance adaptative).

Le cinquième chapitre (chapitre 5) soulève la question du changement inter-organisationnel à travers l'étude du cycle de vie des écosystèmes d'affaires et des industries. Nous abordons le thème de la naissance des écosystèmes d'affaires, considérés comme des formes organisationnelles innovantes collaboratives et distribuées, et de l'évolution des industries. Nous suggérons que la naissance des écosystèmes d'affaires et l'évolution industrielle relèvent de processus d'apprentissage et d'innovation ancrés dans la gestion des connaissances. En effet, l'invention et la commercialisation de nouveaux produits, services ou technologies requièrent la mobilisation et l'intégration d'une variété de ressources distribuées à l'intérieur et à l'extérieur des frontières de l'organisation. L'exploration des fondements du modèle de l'innovation interactive et collaborative, bâti sur les principes et les pratiques de la gestion des connaissances, conduit alors à articuler les dimensions internes et externes de la capacité d'innovation des organisations.

Le dernier chapitre du mémoire (chapitre 6) ouvre la discussion sur trois pistes de recherche futures. La première consiste à étudier l'apprentissage individuel en déployant une plateforme d'économie expérimentale afin de tester la validité des hypothèses et des prédictions obtenues à partir de simulations informatiques dans le cadre de modèles d'économie artificielle (systèmes multi-agents). La deuxième piste vise à étudier le processus de changement à l'échelle organisationnelle en considérant que la gestion du changement organisationnel relève d'un processus de légitimation. La troisième piste concerne l'analyse du changement à l'échelle inter-organisationnelle à travers l'exploration du rôle joué par les motivations des acteurs de la demande sur la structure et l'évolution des industries.



## CHAPITRE 1. APPRENTISSAGE ADAPTATIF ET COORDINATION INTERINDIVIDUELLE<sup>9</sup>

**RESUME.** Le chapitre 1 aborde la question de l'adaptation et de la conduite du changement à l'échelle individuelle. Il s'agit d'étudier les processus d'apprentissage adaptatif mis en œuvre par une population d'individus rationnels, confrontés à un problème de coordination asymétrique. Comment les individus apprennent-ils à développer des règles de décision adaptées à un contexte changeant et comment parviennent-ils à coordonner leurs décisions ? Répondre à cette double interrogation suppose de caractériser le comportement d'un système complexe adaptatif en distinguant trois niveaux d'analyse : (i) le comportement d'apprentissage de l'individu ; (ii) la nature du problème de coordination que les individus doivent apprendre à résoudre ; et (iii) les conditions d'émergence de la coordination interindividuelle. Ces trois niveaux déterminent le plan du premier chapitre.

Liste des travaux de Pierre BARBAROUX utilisés pour rédiger le chapitre 1

[1] "Adapted Pittsburgh-style classifier systems: case-study". In P.L., Lanzi, W., Stolzmann, S.W., Wilson (Eds.). *Learning Classifier Systems. Lecture Notes in Artificial Intelligence* (LNAI 2661), Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Co-auteur : Gilles Enée.

[2] "Competition for Scarce Resources: Can Indecision Improve Agents' Adaptation and Coordination?". In B. Kokinov (Ed.), *Advances in Cognitive Economics*, NBU Series in Cognitive Sciences, Sofia. Co-auteur : Gilles Enée.

[3] "Spontaneous coordination and evolutionary learning in an agent-based model". *Mind & Society Journal*, 2005, Vol. 4, N°2, 179-95. Co-auteur : Gilles Enée.

[4] « L'analyse de la coordination dans un modèle d'économie artificielle : l'exemple du jeu de la minorité (*minority game*) ». *European Journal of Economic and Social Systems*, 2008, Vol. 21, N°1, 39-56. Co-auteur : Gilles Enée.

[5] "How do agents coordinate in the El Farol?". *Modèles et Apprentissage en Sciences Humaines et Sociales* (M.A.S.H.S.). Colloque organisé par les universités Paris 12 et Paris 1,

<sup>9</sup> Le chapitre 1 repose sur une série de travaux réalisés en collaboration avec Gilles Enée (Maître de conférences en sciences informatiques à l'Université de Nice-Sophia Antipolis). Ces travaux étudient à l'aide de simulations informatiques les comportements individuels et collectifs d'une population d'agents artificiels apprenants (*artificial learning agents*) dans le cadre du jeu de la minorité inspiré du modèle « El Farol » (Arthur 1994).

Créteil (France), 5-6 juin 2008. Co-auteur : Gilles Enée.

[6] « L'émergence des règles de coordination dans un modèle d'Agents : une contribution à l'analyse évolutionniste du changement économique ». *Revue Economique*, 2009, Vol. 60, N°5, 1359-1392.

[7] « L'émergence de la coordination dans un modèle de jeu : une approche expérimentale ». *Document de travail*.

## INTRODUCTION

Le point de départ de ce chapitre est que la théorie de la rationalité inductive offre un cadre théorique plus pertinent que les théories usuelles du choix rationnel lorsqu'il s'agit d'étudier l'apprentissage et l'adaptation individuels. Dans ce cadre, trois hypothèses permettent de caractériser le comportement d'apprentissage de l'individu :

1. Les individus utilisent des *schémas* pour prendre des décisions. Ces schémas associent des types d'action à des configurations particulières de l'environnement<sup>10</sup> (Hayek 1952).
2. Les schémas sont des représentations qui émergent dans un environnement particulier. Ils constituent l'unité d'analyse pour étudier l'apprentissage et la prise de décision individuels (Arthur 1993). Les schémas sont construits de façon inductive par apprentissage et expérimentations, puis classés mentalement dans la mémoire des individus (Holland et al. 1986).
3. L'ordre dans lequel sont classés les schémas dépend de leur efficacité relative (Boisot 1995). Les schémas les plus efficaces ont une probabilité plus grande d'être « activés » ; inversement pour les moins efficaces.

L'adaptation de l'individu aux changements survenus dans son environnement résulte alors de la formation endogène et de la révision continue de ses schémas ainsi que de la performance des actions qu'ils produisent. L'évaluation des décisions de l'individu, et donc leur classification, repose finalement sur un critère relatif de *fitness*, et non sur l'écart séparant ses décisions d'une norme définie objectivement (e.g., optimum).

### ***I. LA RATIONALITE INDUCTIVE ET L'APPRENTISSAGE ADAPTATIF***

Pour Simon (2002), les individus rationnels ne recherchent pas la meilleure option parmi un ensemble exhaustif et complet d'options disponibles : ils apprennent à résoudre des problèmes et adaptent leurs actions aux conditions incertaines et changeantes de leur environnement. Principe fondateur de la théorie de la rationalité limitée, c'est également l'un des fondements des théories évolutionnistes de la cognition humaine (Cosmides et Tooby 1987) : les individus

---

<sup>10</sup> Ces schémas sont appelés « règles condition-action » dans les sciences de l'artificiel (*condition-action rules* ; Holland et al. 1986), « règles évolutionnaires » (*evolutionary rules* ; Dosi et al. 1999) par les économistes évolutionnistes et « règles de conduite » (*rules of conduct* ; Hayek 1967) par les économistes autrichiens. A l'échelle des organisations, les schémas sont généralement associés aux routines organisationnelles (Nelson et Winter 1982 ; Becker et al. 2005).

améliorent leurs capacités d'adaptation en procédant à la rétention sélective de certaines représentations de l'environnement (i.e., de certains schémas) qui apparaissent satisfaisantes au sens de Simon, c'est-à-dire adaptées. Cette position fait explicitement référence au concept Hayekien d'*esprit évolutionnaire* (*evolutionary mind*) bâti sur les principes de l'apprentissage inductif par essai-erreur (expérimentation) et de la classification simultanée des schémas. Ce dernier principe signifie qu'à tout moment de la vie de l'individu une expérience sensorielle sera associée à des classes entières d'évènements et donc reliée à d'autres expériences sensorielles à travers la mémoire physiologique de l'individu (Hayek 1952). La cognition de l'individu (son *esprit*) est ainsi définie comme un ensemble de similarités et d'analogies organisées en catégories mentales homogènes. Nous proposons d'appeler ces catégories mentales des *répertoires*. Ces derniers sont les composants élémentaires de l'esprit évolutionnaire au sens d'Hayek. Ils identifient des structures mentales associées à des classes de problèmes ou d'évènements survenus dans des configurations spécifiques de l'environnement. Un répertoire contient un nombre défini de schémas qui associent une situation connue ou analogue avec une réponse comportementale (une action ou une pensée). Ces représentations peuvent être similaires ou complémentaires en fonction du degré de similarité des situations dans lesquelles elles sont activées. Les schémas sont ainsi façonnés et sélectionnés par apprentissage dans le but de produire un comportement, adapté. Dans ce cadre, l'apprentissage désigne un processus non dirigé d'évolution de la structure cognitive de l'individu. L'adaptation désigne alors une capacité permettant à un *individu apprenant* de distinguer les situations parmi un ensemble non borné de situations possibles, et d'organiser ses répertoires par expérimentations successives et interprétation subjective du passé.

Deux propositions P1 et P2 peuvent être formulées qui résument ma position concernant les fondements cognitifs du comportement des individus.

<p><b>P1</b> : La structure cognitive des individus est organisée en répertoires composés de schémas dépendants du contexte. Ces schémas ont spontanément émergé par expérimentations et effets d'induction, et ont été maintenues en raison de leur relative efficacité au cours du temps.</p>
---

<p><b>P2</b> : La capacité qu'a chaque individu de distinguer les multiples configurations de l'environnement, de reconnaître les situations déjà expérimentées et de choisir une action parmi un ensemble de schémas mémorisés, est le résultat d'un processus d'apprentissage adaptatif.</p>
--

En combinant les principes de l'induction (Holland et al. 1986), de la classification des schémas (Hayek 1952) et de la généralisation des connaissances (Boisot 1995), notre approche respecte les enseignements des sciences cognitives en matière d'apprentissage et d'adaptation individuels. L'une des implications de cette approche est que les schémas, s'ils conditionnent des régularités de comportement (Hayek 1952), ne sont pas donnés et stables au cours du temps. Ils sont au contraire formés par les individus de manière endogène selon un processus d'expérimentation (Brenner, 1999) et organisés en répertoires qui collectivement forment la structure cognitive de l'individu (i.e. sa mémoire).

Se pose alors la question de la modélisation cette structure cognitive. Cette question est différente de celle portant sur la *longueur* de la mémoire en théorie des jeux. L'idée n'est pas d'étudier comment les individus apprennent à anticiper la valeur d'un paramètre en utilisant une quantité plus ou moins grande d'informations à propos des états passés du système. Il s'agit plutôt d'étudier le processus par lequel les individus construisent des schémas capables de produire des réponses adaptées, dans un environnement particulier. Dans ce cadre, la mémoire déclarative peut être comprise comme une méta-représentation cognitive composée de schémas adaptés à des configurations environnementales différents, et qui évolue par apprentissage selon un processus adaptatif. Il s'agit d'une structure de connaissance qui permet aux individus de « choisir » (d'activer) une action qu'ils jugent adaptée au moment du choix, et non d'un ensemble d'informations relatives aux états antérieurs du système.

Afin de modéliser l'apprentissage ainsi défini, nous utilisons une classe particulière de systèmes classificatoires (*classifier systems* ; Holland 1975) dits de « Pittsburgh » (Smith 1980) dont la spécificité est d'être structurés en répertoires composés de règles condition-action<sup>11</sup>. Comme pour tout système classificatoire, l'apprentissage est guidé par un algorithme génétique qui mute, croise et recombine les règles faisant ainsi évoluer les répertoires. Seules les règles activées voient leur force (*strength*) modifiée en fonction du résultat de l'action qu'elles génèrent, cet indice de force qualifiant en retour le répertoire auquel elles appartiennent (les règles inactives ne sont donc pas éliminées mais restent disponibles au sein de chaque répertoire).

---

<sup>11</sup> Cette propriété distingue les systèmes classificatoires de « Pittsburgh » des systèmes dit de « Michigan » dont la structure est composée d'une liste de règles.

Formellement, chaque règle est une chaîne de caractère de longueur  $l$  formellement représentée par une séquence de bits encodée dans un alphabet ternaire (1, 0 et #) où # représente le symbole neutre 0 ou 1 (cf. Figure 1).

Par définition, la partie « action » d'une règle est activée si sa partie « condition » correspond au codage du signal entrant noté  $s$ . Le signal est aussi une chaîne de caractère binaire de même longueur que la partie « condition » des règles « condition-action ». Il prend la forme d'un message défini de manière endogène (par le système) ou exogène (par le modalisateur) et est « posté » dans la liste des messages.



**Figure 1.** Exemple de règle ( $l = 7$  bits)

Parmi les règles dont la partie « condition » correspond au signal, l'une seulement sera sélectionnée<sup>12</sup>. Une fois que la règle a été sélectionnée, elle « poste » à son tour un message dans la liste des messages. Ce message correspond à la partie « action » de la règle activée. Cette procédure s'effectue en parallèle pour tous les répertoires de l'agent et est répétée un nombre fini de fois. Toutes les règles sont alors évaluées et celles qui sont activées et sélectionnées obtiennent une mesure de force appelée *fitness*. La force de chaque repertoire est ensuite calculée en prenant la moyenne des forces des règles qui les composent. C'est cette force qui va ensuite être utilisée par l'algorithme génétique pour « brasser » les répertoires et faire émerger des solutions nouvelles au problème posé. L'apprentissage est ainsi formellement guidé par les opérateurs génétiques de croisement et de mutation qui s'appliquent aux répertoires qualifiés d'un degré d'adaptation ou de force élevé (fonction de *fitness*). Ce mécanisme facilite la diffusion des répertoires les plus performants au détriment des moins efficaces qui, peu à peu, évoluent par croisement et mutation (cf. Encadré A).

L'étape suivante du projet visant à caractériser le comportement du système complexe adaptatif constitué par une population d'individus apprenants, concerne la définition du

---

<sup>12</sup> Pour sélectionner une règle lorsque plusieurs sont activables, différentes méthodes sont envisageables. On peut effectuer un tirage aléatoire ou bien choisir d'activer une règle en fonction de son degré de spécificité/généralité. On dira d'une règle qu'elle est d'autant plus spécifique du signal reçu que le codage de sa partie condition contient peu de symboles neutres « # » (l'inverse est vrai pour le critère de généralité).

problème que les individus doivent résoudre ainsi que la définition de l'environnement dans et avec lequel ils interagissent.

**Encadré A.** Evolution des répertoires de règles dans les systèmes classificatoires de type « Pittsburgh ».

Le croisement consiste en l'échange de patrimoine génétique entre paires de répertoires adaptés. Ci-contre (droite), une illustration de l'application d'un opérateur de croisement mono-point dans un système classificatoire de deux répertoires contenant chacun trois règles.

0	1	0	#	1	0	0	1	#	#	#	#	#	0	0	0
0	0	#	<del>X</del>	0	0	0	0	1	1	0	<del>X</del>	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Répertoire 1								Répertoire 2							
0	1	0	#	1	0	0	1	#	#	#	#	#	0	0	0
0	0	#	1	1	1	0	1	1	1	0	#	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Nouveau Répertoire 1								Nouveau Répertoire 2							

En ce qui concerne l'opérateur de mutation, nous avons implémenté un mécanisme de mutation allélique. Les mutations alléliques permutent la valeur d'un bit donné avec une probabilité donnée. La mutation d'un bit implique, pour le bit sélectionné (par exemple 1) de prendre l'une ou l'autre des autres valeurs possibles (0 ou #). Ci-contre, une illustration de l'opérateur de mutation portant sur une règle et deux mutations.

#	#	#	#	#	0	0	0
#	0	#	#	#	1	0	0

## II. LA COORDINATION ASYMETRIQUE DANS UN CONTEXTE DE CHOIX BINAIRE

Le cadre théorique mobilisé pour étudier l'apprentissage adaptatif et la coordination interindividuelle s'inspire du modèle « El Farol » d'Arthur (1994). Le modèle décrit une situation de coordination asymétrique typique des expériences de choix binaires dans laquelle les individus se font concurrence pour l'accès à une ressource disponible en quantité limitée. Les phénomènes de concurrence pour l'acquisition d'une ressource rare sont très fréquents dans l'économie. Pensons aux voies de circulation qui peuvent être encombrées, à certaines technologies de communication en réseau dont l'accès peut être saturé, aux marchés immobiliers et financiers, ou encore aux marchés des produits saisonniers.

Nous avons choisi de conserver la définition originale du problème de coordination tel qu'Arthur (1994) l'énonce sans chercher à reproduire ses hypothèses concernant les procédures de choix des individus. Dans la formulation initiale du modèle (Arthur, 1994), les individus doivent décider chaque jeudi de la semaine, d'aller ou de ne pas aller dans le café « El Farol » (situé dans les locaux du *Santa Fe Institute*). La capacité d'accueil du café est

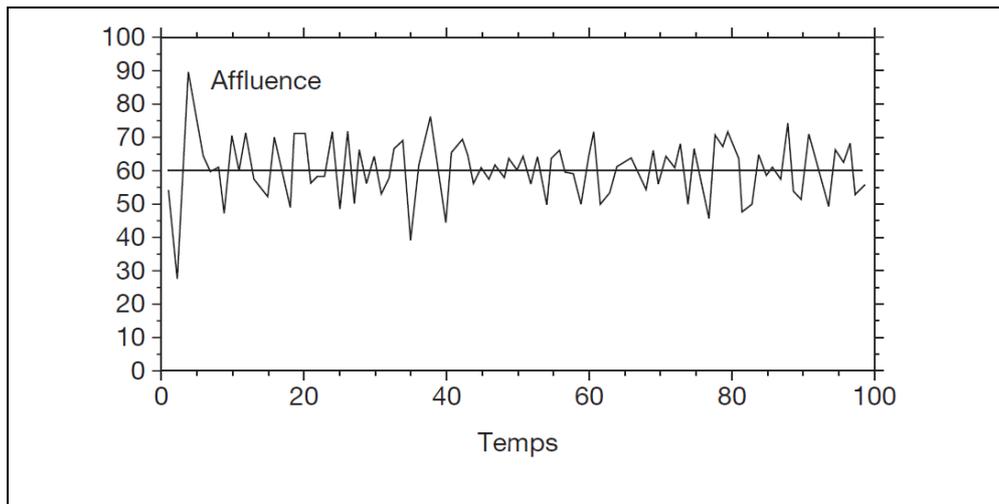
limitée par un seuil de congestion défini de manière exogène. Le lieu devient inconfortable pour tous les individus ayant décidé de s'y rendre lorsque le seuil de congestion est franchi. Ce seuil est fixé à 60 pour un nombre d'individus égal à 100. L'information disponible aux individus concerne les affluences passées. Cette information est publique et identique pour tous les individus.

Dans ce cadre, chaque individu dispose d'un nombre limité de règles de décision définies par le modélisateur. Ces règles, appelées « prédicteurs » (*predictors*), utilisent l'information publique disponible et déterminent le choix de l'individu. Chaque règle anticipe l'affluence dans le café à la période  $t$  sur la base des affluences passées en  $t-1$ ,  $t-2$ , ...,  $t-n$  (où  $n$  détermine la longueur de la mémoire des individus). Il peut s'agir de modèles autorégressifs, de modèles adaptatifs simples ou d'une simple convention. Les règles sont donc définies *a priori*, et le problème pour les individus est de choisir la « bonne » règle, c'est-à-dire celle qui activera l'action de se rendre au café si l'affluence est inférieure ou égale au seuil de congestion ou l'action de ne pas se rendre au café si le seuil est franchi. Selon Arthur (1994, p. 407), les individus « *induisent une variété d'hypothèses, agissent sur les plus crédibles d'entre elles, et remplacent les hypothèses par de nouvelles règles si elles cessent de fonctionner (...) ceci permet de considérer un monde psychologiquement riche dans lequel (...) les modèles mentaux des agents se font concurrence pour leur survie –un monde à la fois évolutionnaire et complexe* ». L'auteur démontre alors que l'équilibre est en moyenne atteint (cf. Figure 2), même si les règles actives à chaque période changent, provoquant des oscillations autour du seuil d'équilibre<sup>13</sup>.

Le point sur lequel Arthur souhaite insister est le suivant : les individus peuvent, sous certaines conditions, apprendre à coordonner leurs décisions sans qu'il soit nécessaire de les considérer comme rationnels au sens de la théorie usuelle (hypothèse des anticipations rationnelles et de l'agent représentatif). Les processus d'adaptation et d'induction sont alors pertinents pour comprendre l'apprentissage et la coordination dans un contexte de choix binaire avec effets de congestion.

---

<sup>13</sup> « 60 émerge comme l'affluence moyenne et les règles prédictives se partagent en un ratio 60/40 » (Arthur, 1994, p. 409).



**Figure 2.** La coordination dans le modèle El Farol (Arthur 1994, p. 410)

La plupart des prolongements théoriques du modèle « El Farol » peut être classée dans la catégorie des jeux évolutionnistes, même si ce modèle a surtout inspiré le développement d'une classe spécifique de jeux de coordination asymétrique : le jeu de la minorité (*minority game*). Introduit par Damien Challet et Yi-Cheng Zhang dans un article paru en 1997 dans la revue *Physica A*, il s'agit d'un jeu non coopératif qui admet de multiples solutions d'équilibre en stratégies pures et un seul équilibre en stratégies mixtes. Dans ce premier article, Challet et Zhang (1997) obtiennent quatre résultats majeurs :

1. La performance des agents est dépendante de la longueur de leur mémoire  $M$  ;
2. La performance des agents est positivement liée au nombre de règles de décision disponibles ;
3. Il existe un seuil au-delà duquel la complexité cognitive (le nombre de règles) devient neutre sur la performance (phénomène dit de « saturation ») ;
4. Les joueurs tendent à se spécialiser : c'est-à-dire qu'ils utilisent une seule règle même si des alternatives existent.

Ces résultats permettent, d'une part, de mieux comprendre les propriétés qualitatives du modèle, en particulier celles qui concernent les comportements individuels des joueurs (diversité et performance des stratégies, impact de la longueur de la mémoire sur la performance individuelle et la coordination) ainsi que la dynamique collective qui émerge des interactions entre les joueurs. Les domaines d'application du jeu de la minorité sont nombreux. L'encadré B présente deux champs de recherche qui sont des prolongements du jeu de la minorité : la modélisation des marchés financiers et l'économie expérimentale.

## **Encadré B. Applications du jeu de la minorité : économie des marchés financiers et économie expérimentale**

Le jeu de la minorité a principalement été utilisé pour étudier les dynamiques de coordination sur les marchés financiers (Challet, Marsili et Zhang 2000 ; Marsili 2001 ; Challet 2008). En effet, certains faits stylisés observés sur ces marchés peuvent être reproduits dans le cadre du jeu de la minorité (Challet, Marsili et Zhang 2001) dont la structure des paiements est très proche de celle du « concours de beauté » Keynesien. Les modèles de coordination asymétriques permettent notamment d'étudier le fonctionnement des marchés financiers réels (*i.e.* volatilité des prix, des rendements et des dividendes) en insistant sur les comportements des *traders*. En modélisant les comportements de catégories d'opérateurs de marché (e.g., spéculateurs, chartistes, fundamentalistes, conventionnalistes), ces modèles s'inscrivent dans le champ de la théorie des marchés financiers artificiels (Arthur, Holland, LeBaron et Palmer 1994) dont le but est de proposer des modèles de marché capables d'expliquer certaines anomalies empiriques observées sur les marchés financiers réels. En relâchant les hypothèses les plus restrictives de l'approche classique (anticipations rationnelles, raisonnement déductif, homogénéité des agents) et en considérant les marchés financiers comme des systèmes évolutionnistes, il devient possible d'expliquer les phénomènes de crash, de bulle et, plus largement, les dynamiques hors équilibre (Orlean 1992).

Le jeu de la minorité a également été appliqué dans le cadre des recherches en économie expérimentale. Brian Arthur lui-même fait référence aux travaux issus de la recherche expérimentale dans le but d'asseoir son hypothèse de rationalité inductive sur un corpus de connaissances valides sur le plan psychologique (Arthur 1991 ; Arthur 1993 ; Arthur 1994 ; Arthur 2000). L'auteur se réfère notamment à l'ouvrage de Holland, Holyoak, Nisbett et Thagard (1986) lorsqu'il aborde le problème de l'influence des processus inductifs dans des situations de choix complexes ou mal définies (Arthur 1994, p. 406). L'objectif de la recherche expérimentale est de valider empiriquement les prédictions des modèles théoriques et les hypothèses de comportement sur lesquelles sur reposent, en les confrontant aux résultats des recherches expérimentales. Il est alors intéressant de mettre en relation les résultats théoriques obtenus à l'aide de modèles mathématiques et de simulations numériques avec les enseignements des recherches expérimentales portant sur des sujets humains placés dans des situations de coordination similaires. Les travaux qui se sont intéressés au modèle « El Farol » et à ses diverses variantes (Bottazzi et Devetag 2003 ; Platkowski et Ramsza 2003 ; Laureti, Ruch, Wakeling et Zhang 2004 ; Chmura et Pitz 2006 ; Bottazzi et Devetag 2007) proposent

ainsi un certain nombre de résultats expérimentaux concernant (i) l'analyse des conditions d'émergence de l'équilibre ; (ii) l'information (qualité et quantité) et son influence sur la décision et la coordination ; (iii) le rôle de la mémoire et, plus largement, de la complexité calculatoire des comportements individuels sur la prise de décision et la coordination; (iv) l'hétérogénéité des stratégies adoptées par les individus ; (v) la distribution des paiements entre les individus.

L'annexe 1 présente les résultats de nos expérimentations en matière d'apprentissage individuel et de coordination interindividuelle dans le cadre du jeu El Farol. Elle présente deux versions du jeu : une version statique (le seuil de congestion est stable) et une version dynamique dans laquelle le seuil de congestion change avec une fréquence donnée.

#### ***IV. ENSEIGNEMENTS***

Situé à l'interface des sciences économiques, des sciences cognitives et des sciences de l'artificiel, nous avons tout d'abord proposé une hypothèse comportementale valide sur le plan cognitif. Partant des travaux d'Herbert Simon et de Friederich von Hayek sur la rationalité individuelle et la cognition humaine, nous avons ensuite modélisé l'apprentissage adaptatif en utilisant une catégorie d'algorithmes évolutionnaires dont la structure et la dynamique répondaient à cette hypothèse : les systèmes classificatoires de « Pittsburgh ».

Pour étudier les processus d'apprentissage adaptatif et de coordination interindividuelle dans différentes variantes du jeu de la minorité, nous avons adopté une posture méthodologique inspirée du paradigme de l'intelligence artificielle. Cette posture a l'avantage de permettre l'étude pas à pas des processus d'adaptation et de conduite du changement dans des conditions expérimentales maîtrisées, peu coûteuses et facilement reproductibles (Holland et Miller 1991, p. 366). Nous avons alors comparé les résultats expérimentaux obtenus à l'aide de simulations informatiques avec ceux du modèle théorique proposé par Arthur (1994) et ses multiples prolongements (jeu de la minorité).

Par bien des aspects, notre définition de la rationalité n'est pas différente de celle habituellement retenue par les économistes et les théoriciens des jeux. Nous avons en effet supposé que les individus essaient d'optimiser une fonction de bien être appelée *fitness* en utilisant au mieux l'information dont ils disposent. Mais le modèle de l'individu rationnel proposé diffère néanmoins de l'hypothèse conventionnelle dans la mesure où les individus ne disposent pas de stratégies prédéfinies pour décider. Au contraire, la question fondamentale

concerne la fabrication et l'évolution des règles que les individus utilisent pour décider. Ainsi, le problème du décideur ne consiste pas à *choisir* parmi un ensemble donné de règles celle(s) qui propose(nt) le meilleur rendement, mais à *construire* cet ensemble.

Dans cette optique, les résultats présentés dans l'annexe 1 suggèrent que la complexité des processus d'apprentissage et de coordination n'est pas calculatoire mais cognitive. En effet, si les schémas que les individus utilisent sont simples (règles « condition-action »), le processus qui les conduit à développer une structure de connaissances adaptée est, lui, complexe. Ce processus ne consiste pas à sélectionner une ou plusieurs règles au sein d'un ensemble prédéfini de règles statistiques ou économétriques à mémoire variable (complexité calculatoire), mais à construire un ensemble de schémas qui, d'une part, guident les individus dans les tâches de perception et d'interprétation des signaux provenant de l'environnement et, d'autre part, déterminent une action appropriée (complexité cognitive).

Notre objectif a toujours été d'embrasser la complexité des phénomènes étudiés plutôt que de la réduire. Sur le plan cognitif tout d'abord, nous avons étudié comment les individus apprennent à décider de façon rationnelle dans des situations où ils ne disposent d'aucune connaissance initiale de l'environnement ainsi que du problème qu'ils ont à résoudre. Sur le plan collectif ensuite, nous avons tâché de modéliser la coordination interindividuelle en considérant celle-ci comme le résultat d'une dynamique endogène. Nous avons alors pu mettre en évidence l'existence de régularités comportementales en matière d'apprentissage adaptatif et de résolution de problèmes dans un environnement dynamique et changeant. Parmi ces régularités, trois méritent une attention particulière.

1. Les individus n'ont besoin que d'une information limitée à propos de leur environnement pour apprendre à résoudre des problèmes et développer des règles de décision adaptées.
2. Les individus utilisent un nombre limité de règles adaptées à des gammes étendues de signaux et d'évènements correspondant à des configurations différentes de l'environnement.
3. L'indécision facilite la coordination interindividuelle dans des environnements décisionnels dynamiques et contraints.

Dans les années 1990, Brian Arthur proposait de concevoir des agents artificiels apprenants (*artificial learning agents*) capables de reproduire le comportement rationnel des individus à

l'aide de modèles informatiques, puis de comparer le résultat des simulations avec ceux d'expérimentations menées sur des sujets réels placés dans des situations similaires.

C'est cette voie de recherche que j'ai poursuivie à la suite de mes travaux de thèse<sup>14</sup> et c'est elle que je souhaite poursuivre dans mes travaux futurs dédiés au thème de l'apprentissage adaptatif comme modalité d'adaptation et de conduite du changement.

---

<sup>14</sup> En 2011, j'ai conçu une expérience qui respecte exactement l'architecture du jeu « El Farol » dans le cadre d'un cours d'option en Théorie de jeux dispensé aux élèves ingénieurs inscrits en dernière année de l'école de l'air. Même si les résultats obtenus sont intéressants (cf. Annexe 12), la faiblesse du dispositif expérimental a rendu nécessaire le développement d'une plateforme d'expérimentation robuste. Au cours de l'année 2015-2016, j'ai travaillé, en collaboration avec Cyril Camachon (CReA), au déploiement d'une plateforme d'économie expérimentale à l'école de l'air dans le but de discuter la validité empirique des trois régularités comportementales mentionnées ci-dessus (cf. Chapitre 6).



## CHAPITRE 2. CHANGEMENT TECHNOLOGIQUE ET DEVELOPPEMENT DES COMPETENCES<sup>15</sup>

**RESUME.** Le chapitre 2 du mémoire aborde la question du développement des compétences individuelles et collectives comme modalité d'adaptation et de conduite du changement dans les organisations. Mes travaux sur ce thème se partagent en deux corpus. Le premier traite de la fabrique des usages et du développement des compétences individuelles et collectives au sein d'organisations sujettes à des changements technologiques (technologie de production et technologie de communication). Le second corpus relève de l'analyse des types de compétences individuelles et collectives, de leur développement et de leur articulation par apprentissage et transfert au niveau des équipes confrontées à un changement de leur technologie de production.

### Liste des travaux de Pierre BARBAROUX utilisés pour rédiger le chapitre 2

[1] "Combining technologies' properties to cope with uncertainty: Lessons from the military". *International Journal of E-Entrepreneurship and Innovation*, vol. 6, No 1, 1-18. Co-auteur : Cécile Godé.

[2] « La fabrique des usages technologiques en environnement volatil ». *Management & Avenir*, Vol. 2, N°32, 71-90. Co-auteur : Cécile Godé.

[3] « Quelle typologie pour identifier les compétences ? Le cas des pilotes de transports de l'armée de l'air ». *Information Sciences and Decision making*, N° 40, 10 pages. Co-auteur : Cécile Godé.

[4] « Technologie polyfonctionnelle et compétences des acteurs : le cas des pilotes de chasse de l'armée de l'air ». *Revue Française de Gestion*, Vol. 3, N° 212, 29-43.

[5] « Changement technologique et transfert de compétences : une réflexion à partir du cas des pilotes de transport de l'armée de l'air ». *Management International*, Vol. 16, N°3-4, 57-73. Co-auteur : Cécile Godé.

<sup>15</sup> Ce chapitre s'appuie sur une série de travaux consacrés à l'analyse du déploiement d'une variété de systèmes d'information et de communication réticulés au sein des forces de l'OTAN, ainsi qu'à l'introduction de nouveaux avions de chasse et de transport dans les escadrons de l'armée de l'air française. Il s'agit à chaque fois d'étudier les effets induits par ces changements technologiques sur les compétences des acteurs. A une exception près, ces recherches ont été réalisées en collaboration avec Cécile Godé (Professeure des Universités à l'Université d'Aix-Marseille et chercheure associée au Centre de recherche de l'armée de l'air).

[6] « Usages des TIC et complexité du contexte : l'usage du *Text Chat* par les forces de l'OTAN en Afghanistan ». In J.P. Briffaut (Ed.), *Univers Virtuels et Environnements Collaboratifs : Visions Multidisciplinaires, Théoriques et Pratiques*. Hermès Lavoisier. Co-auteur : Cécile Godé.

[7] “Managing knowledge-based complexities through combined uses of Internet technologies”. In E. Bolisani (Ed.), *Building the Knowledge Society on the Internet: Sharing and Exchanging Knowledge in Networked Environments*. Ideas Group Publishing. Co-auteur : Cécile Godé.

[8] « Gérer dans la complexité : quels rôles pour les technologies de collaboration ? ». *XVIIIème Conférences de l'Association Internationale de Management Stratégique (AIMS)*. Grenoble, 3-5 juin. Co-auteur : Cécile Godé.

[9] « Y-a-t-il un pilote dans le drone ? Une approche en terme de compétence des opérateurs ». *Défense et Sécurité Internationale*, N°54, décembre, 35-39. Co-auteurs : Grégory Bouterin, Cyril Camachon, Christophe Pajon.

## **INTRODUCTION**

L'interdépendance entre technologie et compétence est largement reconnue dans le champ des sciences humaines et sociales. Qu'il s'agisse de technologies utilisées pour produire des biens et des services ou pour collecter, stocker, traiter et diffuser des informations (Technologies de l'Information et de la Communication, TIC), la recherche a mis en évidence l'existence d'une relation de complémentarité entre les propriétés de la technologie et la nature des compétences individuelles et collectives nécessaires à son exploitation. Ainsi le changement technologique et l'organisation du travail sont-ils indiscutablement liés. Les nouvelles technologies induisent des changements organisationnels majeurs, tant du point de vue de la division du travail et de la coordination des tâches que des compétences (i.e., qualifications) individuelles et collectives. La question est alors de comprendre quels types de changement les nouvelles technologies produisent sur les individus et les organisations et comment ils s'y adaptent.

Le point de départ de notre réflexion est le suivant. Ce que les chercheurs désignent par changement technologique relève de l'introduction de technologies nouvelles qui (i) offrent aux opérateurs les ressources tangibles et intangibles leur permettant réaliser une plus grande variété de tâches et (ii) modifient le rapport qu'ils entretiennent avec la technologie dans leurs pratiques d'usage. Ces deux dimensions caractérisent selon nous l'essence du changement technologique observé depuis deux décennies dans les entreprises privées, mais également dans les organisations de Défense.

### ***I. LE CHANGEMENT TECHNOLOGIQUE ET LA FLEXIBILITE DES USAGES***

Comment les individus et les équipes développent-ils des usages adaptés aux caractéristiques des nouvelles technologies ? Pour répondre à cette question, il convient d'explorer la relation qu'entretiennent les acteurs avec les propriétés sociales et fonctionnelles de la technologie. La perspective de la pratique permet justement d'étudier cette relation en reconnaissant l'influence des spécificités de l'environnement. Les relations sociales, les routines, les valeurs culturelles, les outils, les connaissances et les compétences donnent sens aux actions des individus. Réciproquement, ces éléments contextuels concourent à l'actualisation et au renouvellement d'un ensemble de pratiques qui apparaissent « *intrinsèquement connectées au 'faire' en ce qu'elles apportent des ressources comportementales, cognitives, procédurales, discursives et physiques à travers lesquelles les acteurs interagissent pour socialement construire leurs activités* » (Jarzabkowski et al., 2007, p. 9).

Si l'approche par la pratique offre un cadre théorique utile en vue de décrypter le processus de fabrication des usages lorsque les propriétés de la technologie changent, certains auteurs (Orlikowski, 2000, 2002 ; Groleau, 2000 ; Carton *et al.*, 2006) s'interrogent encore sur les moyens à mettre en œuvre pour « *prendre sérieusement en compte l'enchevêtrement récursif des humains et de la technologie en pratique* » (Orlikowski, 2007, p. 1437). Pour ces auteurs, les tenants de l'approche par la pratique peinent à articuler les dimensions sociales et matérielles de la technologie (Leonardi et Barley, 2008). Seules les dynamiques d'interprétation et/ou de perception des TIC sont traitées alors même que leurs caractéristiques techniques, étroitement mêlées aux pratiques sociales des utilisateurs, restent dans l'ombre. Il est pourtant essentiel de dépasser cette séparation ontologique entre le social et le matériel si l'on souhaite mieux comprendre comment les acteurs « fabriquent » leurs usages technologiques par apprentissage. Pour Orlikowski (2007), les caractéristiques techniques de l'outil technologique, sa configuration, ses modes de programmation et le contexte au sein duquel il est introduit sont inextricablement liés aux effets sociaux de ses usages. La technologie désigne alors un assemblage socio-matériel constitutivement enchevêtré aux pratiques des individus. Dans ce cadre, l'introduction d'une nouvelle technologie modifie inévitablement le produit de l'interaction entre les pratiques sociales des acteurs et les caractéristiques matérielles de la technologie, ouvrant ainsi la voie au développement d'usages innovants (cf. Encadré C pour une illustration).

**Encadré C.** Socio-matérialité de la technologie et développement de nouveaux usages : le cas du BlackBerry<sup>TM</sup>.

A travers une de cas réalisée sur les usages du BlackBerry<sup>TM</sup> au sein d'une société d'investissement sur titres non cotés (*Private Equity*), Orlikowski (2007) montre comment les propriétés sociales et matérielles du BlackBerry<sup>TM</sup> ont progressivement induit le développement de nouveaux usages et transformé les pratiques de communication au sein de l'entreprise. Programmé pour délivrer les emails jour et nuit, chaque employé s'est mis à utiliser la nouvelle technologie pour vérifier ses emails fréquemment, de jour comme de nuit. Ce comportement, qui a rapidement été considéré comme allant de soi, a généré un accroissement sensible du flux de communication entre les employés, renforçant la vérification systématique de la part des pairs et des supérieurs hiérarchiques, et modifiant durablement les modes de gestion et de communication au sein de l'entreprise. Le cas suggère que les utilisateurs ont collectivement « mis en actes » un comportement de communication innovant à partir de la mise en relation de fonctionnalités techniques

nouvelles et d'un environnement de travail favorable à leur exploitation. Avec la généralisation de ces usages innovants, c'est la nature même des tâches, des interactions sociales et des rôles dans l'organisation qui s'en est trouvée modifiée, engageant dans sa course une redéfinition du périmètre des relations sociales et des structures organisationnelles (Orlikowski, 2007 ; Orlikowski et Scott, 2008).

La conséquence de cette approche est qu'il existe nécessairement un écart entre la technologie conçue et la technologie mise en œuvre, entre les usages attendus et les usages observés. Puisque les usages sont le produit de l'interaction des propriétés socio-matérielles de la technologie avec les caractéristiques de l'environnement social dans lequel elle est déployée, ils sont par définition *indéterminés*. Etudier l'adaptation des usages dans un contexte de changement technologique suppose alors de considérer les usages comme des propriétés émergentes du système complexe constitué par une technologie, un ensemble d'acteurs et un environnement. Dans ce cadre, les usages sont autant le résultat de l'interaction entre les propriétés socio-matérielles de la technologie que la réponse apportée par les acteurs aux sollicitations et aux contraintes de leur environnement.

Dans nos recherches, nous avons considéré que la caractéristique principale des environnements de travail contemporain était l'incertitude. Les individus comme les organisations souffrent d'un déficit d'informations à propos de leur environnement, et les TIC permettent justement de réduire l'incertitude en offrant aux individus et aux organisations des moyens de collecte, de traitement, de stockage et de communication des données et des informations. Daft et Lengel (1986, p. 1986) suggèrent toutefois que « *le traitement de l'information dans les organisations dépasse conceptuellement l'accumulation d'information pour réduire l'incertitude ; il implique également l'interprétation de situations équivoques* ». Obtenir des informations utiles et pertinentes peut être sans effet sur l'incertitude si les acteurs sont incapables de leur donner du sens et de les interpréter d'une façon non ambiguë.

Deux formes d'incertitude peuvent ainsi être distinguées. La première est informationnelle. Elle désigne des situations dans lesquelles les acteurs ne disposent pas d'un ensemble d'informations exhaustif et complet à propos de leur environnement interne et externe. En particulier, cette forme d'incertitude concerne l'information relative aux acteurs (variété, intentions, dispersion géographique) impliqués dans la coordination et la prise de décision, et à l'intégration des comportements contingents dans les plans et les décisions organisationnels.

Réduire les effets de la l'incertitude informationnelle suppose d'accumuler des informations à propos de l'environnement opérationnel.

La seconde forme d'incertitude est cognitive. Elle relève d'un déficit des capacités perceptives et interprétatives des acteurs qui limite leur aptitude à donner du sens aux évènements et à anticiper les conséquences de leurs actions. Ces défaillances peuvent être liées à une dissonance cognitive entre les perceptions des acteurs, leur état psychologique et les modèles mentaux partagés au sein de l'organisation ou de l'équipe. Elle désigne également des défaillances de communication entre acteurs, notamment lorsque l'interprétation d'une situation requière des relations formelles et informelles riches, fondées sur la confiance mutuelle et l'échange interpersonnel de connaissances. La maîtrise de cette forme d'incertitude nécessite de développer des connaissances et des capacités individuelles et collectives permettant de réduire les biais interprétatifs et perceptifs qui la fonde.

Nous soulevons donc une double question : comment les acteurs développent-ils des usages adaptés lorsque la technologie change et comment ces usages leur permettent-ils de compenser les effets négatifs de l'incertitude dans sa double dimension informationnelle et cognitive ? Pour traiter cette double question, nous avons réalisé une première étude de cas qui porte sur l'utilisation d'une technologie de communication synchrone de type *Text Chat* par les forces de l'OTAN engagées en Afghanistan (cf. Encadré D).

**Encadré D.** Méthodologie de l'étude de cas portant sur le développement des usages technologiques innovants au sein des forces de l'OTAN

Cette étude de cas longitudinale a été réalisée sur trois années d'observations. Elle repose sur trois sources d'information principales : (i) documentations professionnelles et doctrinales, françaises et étrangères (en particulier américaines) ; (ii) entretiens collectifs (entre deux et six personnes) semi structurés de durée variable (entre quatre et six heures chacun) auprès des commandements des forces françaises air, terre et mer, certifiés *Nato Response Force* ; (iii) articles de revues professionnelles et semi professionnelles Il nous a également été possible de récolter 13 témoignages écrits relatifs à des retours d'expériences de combattants américains (non classifiés) et français (classifiés) projetés sur le théâtre afghan. Nous avons procédé à l'analyse thématique de ces données afin d'affiner nos résultats. Compte tenu du niveau de confidentialité de certaines des données récoltées (les principales interviews ont été classifiées en « diffusion restreinte » et les retours d'expérience rédigés par les forces françaises sont le plus souvent « confidentiel Défense »), il était impossible de publier des verbatim extraits des

recherches de terrain. Seuls les verbatim tirés de retours d'expérience publiés par le Département de la Défense américain et accessibles au grand public ont été publiés.

Les résultats de l'étude montrent que les opérateurs apprennent à mobiliser certaines propriétés socio-matérielles de la technologie qu'ils combinent de façon créative. Les innovations d'usage qui résultent du processus d'appropriation de la technologie par apprentissage permettent aux acteurs de lutter contre les formes informationnelle et cognitive d'incertitude et d'améliorer la planification et l'exécution des missions. Toutefois, les acteurs développent des biais informationnels et cognitifs qui viennent renforcer les effets négatifs des différentes formes d'incertitude de l'environnement de travail des opérateurs. Le détail des résultats de l'étude est fourni en Annexe 2.

## ***II. LA POLY-FONCTIONNALITE DE LA TECHNOLOGIE ET LE DEVELOPPEMENT DES COMPETENCES***

Pour traiter la question de l'impact du changement technologique sur les compétences acteurs, nous avons développé une deuxième étude de cas portant sur l'introduction de l'avion de chasse multi rôle *Rafale* au sein des forces aériennes françaises (cf. Encadré E). Nous avons mis l'accent sur une propriété centrale des nouvelles technologies de production de biens et de services : la poly-fonctionnalité. Cette propriété résulte de la possibilité d'affecter une variété d'usages ou de fonctions particulières à une technologie donnée.

**Encadré E.** Méthodologie de l'étude de cas portant sur l'impact du *Rafale* sur les compétences des pilotes de chasse de l'armée de l'air.

Le cas est extrait d'une étude commandée par l'Etat-Major de l'armée de l'air (EMAA) et réalisée entre septembre 2007 et juin 2008. L'étude consistait à analyser l'évolution des compétences de l'Armée de l'air à horizon 2015 en tenant compte de l'introduction dans les forces aériennes du nouveau vecteur *Rafale*. Les données empiriques ont été obtenues à partir de différentes sources : (i) une série d'entretiens semi directifs menés auprès d'une population de pilotes et de navigateurs de combat spécialisés dans les missions de défense aérienne, d'assaut, de bombardement stratégique (FAS) et de renseignement. Ces entretiens nous ont permis d'identifier les compétences et les savoirs faire associés aux différents métiers de la chasse et de comprendre comment le personnel navigant est formé et ses compétences validées par des qualifications particulières ; (ii) un ensemble de documentations institutionnelles et de retours d'expérience relatifs à la formation du personnel navigant et à la mise en œuvre du nouvel avion. Cette source de données nous a

permis de « mettre en contexte » et/ou de relativiser certaines opinions exprimées par les acteurs interviewés ; (iii) une série d'entretiens semi directifs auprès du groupe d'officiers du Commandement des Forces Aériennes (CFA, BA 128, Metz) chargés de mettre en œuvre les outils de réflexion relatifs à l'évolution des métiers de la chasse et de la formation du personnel navigant. Ces entretiens nous ont permis d'accéder à la réflexion des autorités de l'armée de l'air en matière de polyvalence et de formation des futurs pilotes et navigateurs de combat sur *Rafale*. Concernant l'analyse des données recueillies, nous avons tout d'abord procédé à la rédaction de comptes rendus qui ont ensuite été soumis aux différents personnels interviewés pour qu'ils apportent les corrections et précisions nécessaires. Ces allers-retours successifs nous ont permis de faire émerger un ensemble de thèmes relatifs à l'évolution du modèle de formation du personnel navigant et à l'impact de la polyvalence du vecteur sur la nature des compétences individuelles. Les thèmes ainsi identifiés nous ont servi à organiser la présentation des résultats.

Dans un contexte de changement, les chercheurs ont montré que les entreprises et les administrations investissent dans des technologies de production de biens et de services dont l'usage peut être ajusté en fonction de l'évolution des objectifs fixés par les dirigeants (Dean et al. 1992 ; Nelson et Ghods 1998). Investir dans des technologies polyfonctionnelles est un choix approprié si l'organisation cherche à flexibiliser ses processus de production (Cohendet et Llerena 1999), la poly-fonctionnalité permettant à l'organisation d'adapter ses modes d'action lorsque les contextes d'action évoluent. C'est le cas des organisations de Défense, et notamment de l'armée de l'air française.

L'une des questions soulevées dans la littérature est de savoir si les nouvelles technologies se traduisent par la multiplication d'emplois intenses en compétences ou, au contraire, par la généralisation du travail déqualifié, voire déqualifiant. Dean et al. (1992) considèrent justement que le changement technique est un phénomène ambivalent. L'introduction de nouvelles technologies polyfonctionnelle peut tout à la fois justifier une formalisation accrue des situations de travail (contrôle) et une décentralisation croissante du pouvoir de décision (autonomie). Dans le premier cas, le changement technique se traduit par ce que Russel (1997) appelle l'avènement du « travailleur multi-tâches » (i.e., travail déqualifié) ; dans le second cas, l'introduction des nouvelles technologies de production suscite l'émergence et la généralisation de ce que Russel (1997) nomme le « travailleur multi compétent » (i.e., travail qualifié). Dans les deux cas, l'introduction de nouvelles technologies de production engendre

le besoin de recruter, de former et d'employer des travailleurs capables d'accomplir une variété de tâches ou de fonctions.

L'enquête de terrain nous enseigne que la forme de polyvalence des compétences développée par les pilotes de chasse est une forme « hybride » car fondée sur la combinaison de trois mécanismes, chacun pouvant produire des formes de polyvalence différentes<sup>16</sup>.

Le premier mécanisme consiste en l'acquisition d'un « socle de polyvalence ». Ce mécanisme a pour but d'amener l'ensemble des individus à partager un ensemble de compétences techniques de base. Considéré isolément, il peut inciter l'organisation à n'employer que des travailleurs « multi-tâches » (au sens de Russel 1997) dont les niveaux d'expertise (définis par fonction ou par mission) tendent à diminuer. L'effet attendu de la polyvalence produite par le premier mécanisme est un appauvrissement du contenu cognitif de la situation de travail et du niveau d'expertise individuel. Le deuxième mécanisme soutient la spécialisation fonctionnelle des individus situés à des niveaux de qualification intermédiaires. Ce mécanisme conduit les individus à développer des compétences d'expert dans l'une ou l'autre des missions (ou des fonctions) pour lesquelles ils acquièrent une compétence d'expert spécialisé. Le troisième mécanisme a pour finalité la sélection d'un nombre limité d'individus à la fois experts et polyvalents. Il s'agit d'un groupe d'individus « multi compétents » (au sens de Russel 1997) capable d'accomplir l'ensemble des tâches associées au commandement et à la conduite de toutes les missions (combat et assaut). L'effet attendu de la polyvalence produite par le troisième mécanisme est un enrichissement du contenu cognitif de la situation de travail. Considérés isolément, ces trois mécanismes produisent trois formes distinctes de polyvalence. Ensemble, ils définissent une forme de polyvalence dont les effets se manifestent par la distribution de trois profils de compétences le long d'une structure de qualifications renouvelée.

L'étude de cas montre également que l'introduction du *Rafale* a conduit l'armée de l'air à modifier son modèle de formation, à standardiser les missions et à redéfinir le périmètre des qualifications individuelles associées aux métiers de la chasse. En choisissant de décomposer et de standardiser les parcours de formation tout en conservant la référence aux qualifications et aux spécialités existantes, l'armée de l'air a à la fois encouragé l'apprentissage de nouvelles compétences et contrôlé le résultat de l'expérimentation. L'élément remarquable dans le cas

---

<sup>16</sup> Le détail des résultats de l'étude de cas est développé dans l'Annexe 3.

du *Rafale* est que la stabilité de la situation de travail a été envisagée par les officiers en charge du projet *Rafale* dans sa double dimension temporelle et structurelle. En effet, à la notion de temporalité de l'apprentissage (laisser aux individus le temps d'apprendre à devenir des experts) s'ajoute la volonté de l'armée de l'air de conserver la référence aux métiers de la chasse (combat et assaut) tout en maintenant la structure des qualifications existante (stabilité structurelle). La stabilité n'est donc pas simplement présentée comme une réponse à la mobilité individuelle mais comme un moyen permettant à l'organisation de gérer le changement. Nous retrouvons d'ailleurs l'un des principes fondamentaux de la gestion du changement qui consiste à éviter les changements simultanés susceptibles d'engendrer une surcharge de travail pour les individus. En conservant des conditions de travail « normales » grâce au maintien des spécialités et de la structure des qualifications, l'armée de l'air est parvenue à apaiser une situation de travail pourtant perturbée par l'introduction d'une nouvelle technologie de production (le *Rafale*). Ainsi, l'organisation a été capable de faciliter l'assimilation du changement à travers (i) la redéfinition de l'identité « métiers » des pilotes de chasse et (ii) le développement de compétences adaptées aux concepts d'emploi du nouvel avion.

Au passage, l'étude de cas montre que l'acquisition de la polyvalence ne signifie pas nécessairement l'abandon du modèle de l'organisation du travail fondé sur la qualification (Paradeise et Lichtenberger 2001). Les concepts de qualification et de compétence peuvent donc être complémentaires dès lors que la qualification ne concerne plus l'individu ou le poste de travail mais le processus de développement des compétences. Ainsi, la qualification permet ici d'identifier les compétences acquises par un individu dans l'exercice de son métier. La qualification de l'individu réside alors dans sa capacité à mobiliser des savoirs d'expertise et à interagir avec d'autres acteurs compétents pour résoudre des problèmes. Dans ce type d'environnement professionnel, le travail désigne l'action experte d'un individu qui mobilise les compétences adaptées à chaque tâche ou situation de travail rencontrée, la qualification devenant un instrument au service de la gestion des compétences et de la valorisation du capital humain. Selon cette approche, le poste occupé par l'individu n'implique pas nécessairement l'accomplissement de tâches répétitives ou routinières et le concept de travail prescrit disparaît au profit de la notion de travailleur (multi-) compétent.

### **III. LE CHANGEMENT TECHNOLOGIQUE ET LE TRANSFERT DES COMPETENCES**

Dans les sections précédentes, nous avons considéré que le changement technologique avait pour conséquence le développement par apprentissage de nouvelles pratiques et de nouvelles compétences individuelles et collectives. En explorant les effets induits d'une modification des propriétés socio-matérielle de la technologie sur les compétences des opérateurs et les usages technologiques, nous avons pu examiner l'évolution du contenu du travail réalisé par les acteurs. Nous avons exploré comment les acteurs acquièrent des compétences nouvelles et des développent des usages innovants, et mis l'accent sur les processus sous-jacents (formation, standardisation des tâches, qualification des compétences, combinaison des propriétés socio-matérielles de la technologie).

Dans cette section, nous proposons de traiter la question du changement technologique en considérant le rôle joué par un autre processus en matière de gestion du changement technologique: le transfert de compétences. La question posée est donc la suivante : quelle est la contribution des processus de transfert des compétences en matière de gestion du changement technologique et comment affectent-ils les compétences des opérateurs ?

Pour traiter cette question, nous avons fait le choix de développer une étude de cas. Celle-ci porte sur l'introduction du nouvel avion de transport Airbus A400M « Atlas » et son impact sur les compétences des équipages de transport tactiques de l'armée de l'air française actuellement qualifiés sur C160 « Transall » (cf. Encadré F). Le nouvel avion est considéré à la fois comme une technologie de production d'un service public et un lieu physique d'échanges et d'interactions entre acteurs. Le changement technologique que représente sa livraison dans les forces appelle des modifications de la façon dont les compétences sont définies, distribuées et intégrées au sein des équipages. C'est dans ce cadre que nous avons cherché à déterminer les formes de transfert les plus appropriées au regard de la nature et de la diversité des compétences concernées par le changement.

**Encadré F.** Méthodologie de l'étude de cas portant sur l'impact de l'A400M « Atlas » sur les compétences des pilotes de transport de l'armée de l'air.

Recueillies entre septembre 2009 et mars 2010, les données de terrain se composent d'une série d'entretiens semi structurés, d'observations non participatives et de documents internes écrits. Les entretiens, d'une durée d'une heure et demie en moyenne, ont été enregistrés. 21 entretiens individuels et/ou collectifs ont été réalisés auprès des pilotes et navigateurs

composant les équipages du C160 Transall. Des personnels navigants plus anciens, détenteurs d'une connaissance fine des capacités du Transall et de la culture du métier, ont également été interviewés, ainsi que des instructeurs engagés dans la réflexion et la mise en œuvre de la formation continue des équipages. 2 officiers supérieurs responsables du programme A400M ainsi que 4 membres de la Multinational Entry into Service Team (MEST) A400M ont également été interviewés. L'observation non participative s'est déroulée lors des séances de briefing et de débriefing d'une mission impliquant trois avions C160 Transall. Cette mission a été réalisée dans le cadre d'un exercice européen. Les chercheurs ont également effectué deux vols tactiques (un vol de nuit et un vol de « lâcher » de parachutistes) en tant que passagers civils en cockpit. Equipés de casque, ils ont pu suivre l'ensemble des communications radio et observer les pratiques de travail de l'équipage en situation. Les notes prises ont été transcrites afin d'être analysées. Nous avons également assisté à une présentation de la MEST concernant ses missions et les avancées en termes de mise en service de l'A400M. A cette occasion, nous avons pu récolter des données relatives aux dimensions concernées par l'introduction du nouvel avion (composition de l'équipage, périmètre des missions, distribution des compétences etc.). Enfin, l'analyse de nombreux documents internes et d'archives officielles (e.g., manuel de débriefing sur Transall, concept national de formation des équipages de transport, concept d'emploi de l'A400M, concept d'emploi simulation) a été conduite. Un grand nombre d'articles de presse, d'articles et de discussions issus de blogs ainsi que des rapports publics concernant le programme A400M et ses capacités futures complètent les sources de données.

En pratique, le transfert a pour but de favoriser l'exploitation de connaissances accumulées dans un contexte donné en les rendant accessibles à toute personne susceptible de les utiliser dans un contexte différent. Ces connaissances incluent des pratiques de travail, des compétences individuelles et/ou collectives, des formes de connaissances plus codifiées comme des procédures techniques ou des standards, ou des routines organisationnelles. La finalité managériale du processus de transfert est alors de permettre à l'organisation d'exploiter au mieux les ressources intangibles dont elle dispose et d'améliorer certaines activités.

L'analyse des processus de transfert repose sur deux perspectives distinctes mais non exclusives. La première insiste sur le processus de transmission des actifs intangibles d'un individu à un autre, d'un groupe à un autre, d'une organisation à une autre. La seconde

perspective considère que le transfert désigne toute situation dans laquelle l'objet transféré (i.e., connaissance, savoir faire, compétence, pratique) est mis en œuvre par un seul et même individu (ou groupe d'individus) mobile d'un contexte à l'autre. Quelle que soit la perspective retenue, le transfert représente un processus mettant en relation, en les transformant, deux contextes distincts (Yakhlef, 2007) : le contexte d'origine de l'objet transféré et le contexte d'arrivée dans lequel cet objet doit être utilisé. Par ailleurs, il est possible de décomposer le processus de transfert en étapes distinctes afin d'identifier, pour chaque étape, les facteurs influents (Szulanski 1996 ; Gilbert et Cordey-Hayes 1996). Les chercheurs ont ainsi mis en évidence, d'une part, l'importance du contexte (institutionnel, culturel, organisationnel, technologique) en tant qu'élément conditionnant le contenu de l'objet transféré et, d'autre part, le caractère transformationnel du processus de transfert. Selon Yakhlef (2007), il est impossible de séparer les compétences transférées et le contexte dans lequel elles ont été développées et éprouvées. Le processus de transfert apparaît dès lors comme un « *processus de reconstruction davantage qu'un processus de communication et de réception* » (Szulanski, 1996, p. 23) qui concerne non seulement les compétences transférées, mais également les contextes qu'elles mettent en relation (Yakhlef, 2007, p. 43). Ce processus est à la fois social et individuel, soulignant l'imbrication des dimensions socioculturelle, matérielle et cognitive incorporées dans le contexte.

L'étude de cas met en avant trois résultats principaux. Le premier résultat concerne l'identification de différentes formes de transfert des compétences. Le deuxième résultat insiste sur la primauté des savoir-être et quoi-faire sur les compétences techniques. Le troisième résultat souligne le rôle de la culture organisationnelle et professionnelle en matière de transfert des compétences. Les résultats de l'étude de cas sont détaillés dans l'Annexe 4.

Quelle qu'en soit la forme, ces résultats confirment que le transfert est un processus de transformation de l'objet transféré et du contexte dans lequel il opère. C'est pourquoi le transfert des compétences peut offrir à l'organisation des ressources lui permettant de gérer le changement technologique. En tant que processus transformationnel, il peut prendre plusieurs formes et favoriser le développement des compétences nécessaires à l'exploitation de la nouvelle technologie dans le nouveau contexte. Il nécessite alors d'identifier les compétences transférables, d'organiser leur mobilité d'un contexte à l'autre et de mettre en adéquation les dispositifs de transfert avec les propriétés de la compétence transférée. Contrairement à la majorité des travaux sur ce thème, les résultats de l'étude suggèrent que la culture organisationnelle ne doit pas être perçue uniquement comme une barrière ou un facilitateur du

transfert : elle est également une composante essentielle de l'objet transféré. La culture professionnelle partagée par une communauté d'acteurs repose en effet sur des pratiques, des valeurs, des symboles et des croyances qui conditionnent leur comportement et pérennisent leur capacité d'action (Schein, 2010). Ces éléments constitutifs de la culture organisationnelle assurent la continuité de l'action, notamment lorsque le contexte change. Leur transfert (c'est-à-dire leur transformation d'un contexte à l'autre) est nécessaire afin de maintenir, voire d'étendre la capacité opérationnelle des opérateurs de la nouvelle technologie. La difficulté principale réside alors dans la conception et la mise en œuvre des dispositifs de transfert des valeurs culturelles, par nature informelles et distribuées.

Dans ce cadre, même si le changement est essentiellement technologique, l'attention doit porter autant sur les compétences relationnelle, situationnelle et collective que sur les compétences techniques. De plus, chaque type de compétence doit faire l'objet d'une réflexion concernant le choix du dispositif de transfert adapté. Si le transfert des compétences techniques requière la combinaison de dispositifs mobilisant les ressources traditionnelle de la formation et de l'entraînement (e.g., études de cas, exercices et simulations etc.), le transfert des compétences situationnelles et relationnelles nécessite la combinaison de dispositifs formels (e.g., débriefing, séminaires sécurité des vols etc.) et informels (e.g., espaces de socialisation). Enfin, le transfert des compétences collectives, construites autour d'une culture professionnelle enracinée dans un ensemble d'attitudes, de langages et de croyances communs, constitue un défi managérial et ouvre une piste pour la recherche future.

#### ***IV. ENSEIGNEMENTS***

Les travaux présentés dans ce chapitre suggèrent que les individus et les organisations confrontés à un changement technologique majeur apprennent à développer des compétences nouvelles et à forger des pratiques innovantes. Ces travaux permettent d'identifier des types de compétences individuelles (e.g., compétences techniques, relationnelles et situationnelles) dont la distribution et la coordination au sein des équipes relève de la formation d'une compétence collective. Ils suggèrent également que la combinaison des qualifications, la distribution des profils de compétences, la variété des formes de transfert et la flexibilité des modèles de formation offrent aux organisations des ressources utiles en vue de tirer profit de la variété des fonctions offertes par les nouvelles technologies de production. Ils montrent enfin que les processus combinatoires articulant les propriétés socio-matérielles de la technologie, les mécanismes de transferts de compétences, ainsi que les dispositifs

d'apprentissage et de formation désignent des modalités pratiques d'adaptation et de conduite du changement.

Ces processus, mécanismes et dispositifs sont enracinés dans une approche pragmatiste de la connaissance organisationnelle au sens où les compétences comme les usages développés par les acteurs sont la manifestation de la « mise en actes » de leurs connaissances dans des situations de travail concrètes. Conformément à l'approche pragmatiste de la connaissance et de l'apprentissage, le développement des connaissances individuelles et collectives est en effet *expérientielle*. Elle repose plus particulièrement sur trois fondements :

1. La connaissance individuelle est révélée par les *expériences* des individus placés en situation d'agir dans un environnement particulier.
2. Le développement des connaissances et des capacités est un processus *collectif* d'*enquête* et de *réflexion* impliquant la participation des individus.
3. Les expériences accumulées par les individus sont attachées à des situations de travail au sein desquelles les *actions* entreprises sont l'objet ainsi que le produit de l'apprentissage.

Dans le chapitre 3, nous prolongeons l'analyse précédente et mobilisons l'approche pragmatiste afin d'étudier le processus d'apprentissage organisationnel. Ce dernier y est défini comme processus collectif d'enquête et de réflexion critique permettant aux individus et aux organisations de s'adapter et de conduire le changement.



### CHAPITRE 3. L'APPRENTISSAGE DANS ET PAR LES ORGANISATIONS : UN PROCESSUS EXPERIENTIEL<sup>17</sup>

**RESUME.** Le chapitre 3 du mémoire aborde la question de l'apprentissage organisationnel comme modalité d'adaptation et de conduite du changement dans et par les organisations. Mes travaux de recherche consacrés à ce thème explorent plus particulièrement les processus d'apprentissage expérientiel mis en œuvre dans les organisations de Défense françaises et étrangères en vue d'en tirer des enseignements théoriques et pratiques. J'ai notamment étudié deux modalités d'apprentissage organisationnel dans et par l'action utilisées dans les organisations militaires : les procédures de briefing-débriefing et les techniques d'apprentissage en environnement virtuel. A partir des résultats de terrain, j'ai examiné les propriétés de l'architecture d'apprentissage déployée à travers l'identification des ressources qu'elle mobilise et de leur impact en tant que facteurs habilitant ou contraignant l'apprentissage individuel et collectif.

#### Liste des travaux de Pierre BARBAROUX utilisés pour rédiger le chapitre 3

[1] « Le briefing-débriefing : une procédure pour lever les barrières pesant sur l'apprentissage organisationnel ? ». *Gérer & Comprendre*, 2016/2, n°124, pp. 41-51. Co-auteur : Cécile Godé

[2] « Apprendre dans l'action en environnement virtuel : Une étude de cas », 8<sup>ème</sup> *Conférence sur la Gestion des Connaissances dans la Société et les Organisations* (GeCSO). Bordeaux, 24-26 juin 2015.

[3] « De l'apprentissage expérientiel à l'apprentissage organisationnel : le cas du Centre de Guerre Aérospatial des Forces Canadiennes ». 7<sup>ème</sup> *Conférence sur la Gestion des Connaissances dans la Société et les Organisations* (GeCSO). Aix en Provence, 3-6 juin 2014. Co-auteur : Anaïs Gautier.

[4] "Towards architecture of organizational learning: insights from French military aircrews". *VINE. The Journal of Information and Knowledge Management*, 2012, Vol. 42,

<sup>17</sup> Ce chapitre s'appuie sur une série de travaux consacrés à l'analyse des processus d'apprentissage expérientiel conduit au sein des escadrons de l'armée de l'air française, ainsi que dans les armées alliées de la France au sein de l'OTAN. Ces recherches ont été réalisées en collaboration avec Cécile Godé (Professeure des Universités à l'Université d'Aix-Marseille et chercheure associée au Centre de recherche de l'armée de l'air) et Anaïs Gautier (Chercheure à l'Ecole Nationale des Officiers de Sapeur Pompiers et chercheure associée au Centre de recherche de l'armée de l'air).

n°3/4, pp. 321-334. Co-auteur : Cécile Godé.
[5] “How do organizations learn to develop capabilities? The case of French Air force fighter squadrons”. In <i>Case Studies in Knowledge Management</i> , Academic Book Publishing, 2012. Co-auteur : Cécile Godé.
[6] « Utiliser les techniques de simulation pour développer les compétences : L’exemple des métiers du transport aérien militaire ». <i>5<sup>ème</sup> Conférence sur la Gestion des Connaissances dans la Société et les Organisations</i> (GeCSO). Montréal (Canada), 30 mai – 1 <sup>er</sup> juin 2012.
[7] <i>Les centres tactiques dans les armées de l’air majeures : quels enseignements ?</i> (Contrat de recherche sur commande du Bureau Plan de l’Etat major de l’Armée de l’air (E.M.A.A.)). 2012. 97 pages. Co-auteurs : Cécile Godé, Anaïs Gautier.
[8] “On designing organizational learning architecture to coordinate individual and collective learning processes: Illustrations from the US military organizations”. <i>Worskshop on Information and Organizational Architecture</i> , Bruxelles (Belgique), 9-10 mars 2012. Co-auteur : Cécile Godé.
[9]. “Organizing action learning processes in the French Air Force aircrews”. <i>27<sup>th</sup> European Group for Organizational Studies Colloquium</i> (E.G.O.S.). Gothenburg (Suède), 7-9 juillet 2011. Co-auteur : Cécile Godé.
[10] « De l’apprentissage dans l’action à la conception d’une architecture d’apprentissage organisationnel ». <i>XXème Conférence de l’Association Internationale de Management Stratégique</i> (A.I.M.S.). Nantes (France), 6-9 juin 2011. Co-auteur : Cécile Godé.
[11] « Apprentissage expérientiel et performance collective : illustration à partir du processus de débriefing dans l’Armée de l’air ». <i>4<sup>ème</sup> Conférence sur la Gestion des Connaissances, dans la Société et les Organisations</i> (GeCSO). Clermont-Ferrand (France), 19-20 mai 2011. Co-auteur : Cécile Godé.

## INTRODUCTION

Si, dans la littérature, il existe une grande variété d'approches de l'apprentissage dans et par les organisations (Agkun et al. 2003), celui-ci y est généralement défini comme un processus offrant, d'une part, aux individus les moyens de développer leurs connaissances et leurs compétences et, d'autre part, aux organisations qui les emploient de construire des capacités organisationnelles en vue d'obtenir un avantage concurrentiel durable (Bapuji et Crossan 2004 ; Teece et al. 1997 ; Zollo et Winter 2002).

Au-delà du consensus relatif aux vertus de l'apprentissage organisationnel, la recherche met en avant différentes conceptualisations, parfois opposées, des processus d'apprentissage organisationnel. Comme le souligne Heraty (2004, p. 453), « *il est possible de distinguer au moins deux approches dichotomiques en matière d'étude de l'apprentissage organisationnel : une approche individualiste qui se concentre prioritairement sur l'individu apprenant pour expliquer l'apprentissage organisationnel, et une approche organisationnelle selon laquelle l'apprentissage organisationnel représente davantage que la somme des apprentissages individuels* ». Selon Elkjaer (2004, p. 419), « *ces deux perspectives reflètent deux métaphores de l'apprentissage : la métaphore de l'acquisition et la métaphore de la participation* ». Tandis que la première métaphore considère l'apprentissage comme un processus cognitif, la seconde s'intègre dans le cadre d'une théorie de la connaissance enracinée dans la pratique (Marshall 2008).

D'autres approches insistent sur la capacité des individus, non pas à acquérir de nouveaux comportements, de nouvelles idées ou de nouvelles pratiques, mais à désapprendre ce qu'ils savent et savent-faire (Hislop et al. 2014). Le désapprentissage, qu'il s'agisse de l'oubli inconscient ou de l'abandon délibéré de pratiques anciennes (Hafsi et Lambert 2012), apparaît alors comme une condition du développement de connaissances nouvelles et un pré-requis favorable à l'adaptation des organisations. En réduisant l'influence négative de toutes les formes de rigidité, le désapprentissage offre en effet aux organisations un moyen de renouveler les routines, les valeurs et les normes existantes (Lee et Sukoco 2011) et d'éliminer les connaissances et les routines obsolètes (Casillas et al. 2010 ; Cegarra-Navarro et al. 2010). Dans cette optique, le désapprentissage est assimilable à un processus de transformation conduisant les individus à rejeter les idées et les connaissances existantes (Nystrom et Starbuck 1984) à travers l'examen critique de leurs prémisses et de leurs conséquences.

La coexistence d'approches différentes souligne la complexité du processus d'apprentissage organisationnel (Antanocopoulou et Chiva 2007). Elle rappelle notamment que l'essence même de la recherche sur les organisations apprenantes et l'apprentissage organisationnel consiste à élaborer des cadres théoriques permettant d'articuler les visions individualiste et socio-organisationnelle de l'apprentissage et de souligner leur complémentarité (Antanocopoulou 2006 ; Marshall 2008).

Au-delà des divergences théoriques, les chercheurs supposent que les organisations sont capables d'apprendre dès lors qu'elles parviennent à donner du sens à ce que les individus font, savent et savent faire. Cette position conduit certains auteurs à mettre l'accent sur les concepts d'expérience et d'apprentissage expérientiel considérés respectivement comme la finalité du processus d'apprentissage individuel (Kolb 1984) et comme le moteur de l'apprentissage organisationnel (Baird et al. 1997 ; Vashdi et al. 2013). Holmqvist (2009, pp. 278-279 ; *italiques ajoutés par nous*) s'engage clairement dans cette perspective lorsqu'il suggère que « *l'apprentissage organisationnel est un processus d'apprentissage expérientiel individuel, formellement organisé (...) produisant des résultats comportementaux qui se reflètent dans les règles organisationnelles encodant les expériences concernées* ». Dans le même ordre d'idée, Lipshitz et al. (2002) définissent l'apprentissage organisationnel comme « *un processus expérientiel à travers lequel la connaissance des relations entre l'action et le résultat de l'action se développe, est encodée dans des routines, est contenue dans la mémoire de l'organisation, et modifie le comportement collectif* » (p. 82).

Chaque situation de travail est ici propice à l'expérimentation et à l'analyse collective des causes et des conséquences des actions planifiés et réalisées. Les processus d'apprentissage - et de désapprentissage- organisationnel sont ainsi fondés sur des aptitudes mobilisées par les individus dans leurs pratiques quotidiennes, et qui leur permettent d'évaluer collectivement leurs actions, de juger si les résultats réalisés sont alignés avec ceux anticipés et panifiés et, en cas de déviation observées, d'en comprendre les causes. Le but est évidemment de tirer les enseignements de l'expérience afin d'améliorer la performance et de faire évoluer les modes d'action.

Dans ce chapitre, nous considérons que les processus d'apprentissage dans et par l'action relèvent de l'accumulation des connaissances individuelles mises en œuvre au sein d'un environnement de travail concret. La difficulté principale pour l'organisation consiste alors à déployer les dispositifs organisationnels favorables à l'accumulation et à la capitalisation de connaissances expérientielles développées localement au sein des équipes. Pour paraphraser

Holmqvist (2009), il s'agit pour l'organisation de concevoir une architecture d'apprentissage lui permettant d'*encoder* les expériences individuelles, de les inscrire dans un ensemble de règles, de normes, de standards, de procédures, de concepts qui, collectivement, façonnent le portefeuille de compétences organisationnelles, conditionnent son évolution et déterminent la capacité de gestion du changement de l'organisation.

## ***I. LES APPROCHES PRAGMATISTES DE L'APPRENTISSAGE ORGANISATIONNEL***

Les travaux qui adoptent une grille de lecture pragmatiste de l'apprentissage estiment que les processus d'enquête et de réflexion sont seuls capables de produire de la connaissance (Ormerod 2006). Le cœur de l'argumentation pragmatiste est que la connaissance est expérientielle (et non pas seulement théorique ou symbolique) en ce sens qu'elle apparaît essentiellement révélée par les expériences des individus placés en situations d'agir (James 1912 ; Dewey 1916 ; Dewey 1938). Les procédures pragmatistes d'apprentissage dans et par l'action définissent ainsi la connaissance comme procédant de l'expérience des individus accumulée dans des situations de travail particulières : elle est la finalité d'un processus d'enquête portant sur l'action (et ses conséquences).

Trois littératures relèvent de l'approche pragmatiste de l'apprentissage et de la connaissance : (i) l'*action learning* (Revans 1982), (ii) l'*experiential learning* (Kolb 1984), et le (iii) *learning from errors / failures* (Cyert et March 1963 ; Edmondson 1996). Si les deux premières littératures élaborent une théorie de l'apprentissage dans le domaine des sciences de l'éducation, la troisième s'inscrit davantage dans le champ des sciences de gestion. Toutes trois s'intéressent aux processus d'apprentissage individuel et collectif à l'œuvre au sein de groupes de sujets apprenants engagés dans la résolution de problèmes concrets.

### ***I.1. Action learning***

Cho et al. (2010) définissent l'*action learning* comme un processus de réflexion à propos du travail réalisé par soi et par ses pairs. Ce travail est conduit sous le regard critique de ses pairs, dans le but de tirer de nouveaux enseignements concernant les actions entreprises par soi et par les autres, les raisons qui ont motivées ces actions, et de résoudre en temps réel les problèmes qui se présentent à l'organisation et à la communauté. Deux définitions fondamentales de l'*action learning* (citées par Marsick et O'Neil 1999, p. 160) sont systématiquement citées dans les travaux des chercheurs : celle de Revans et celle de Pedler. Revans (1982, p. 626-627), considéré comme le père de l'*action learning*, le définit ainsi : « l'*action learning* est un mode de développement intellectuel, émotionnel ou physique qui

*nécessite de la part des individus un engagement responsable dans quelque problème réel, complexe et stressant [stressful], en vue de mettre en œuvre un changement intentionnel permettant d'améliorer leur comportement observable dans le champ du problème considéré* ». Pedler (1991, xxii-xxiii) quant à lui définit l'*action learning* comme « *une approche du développement personnel dans les organisations qui considère la tâche comme le moteur de l'apprentissage. Elle est basée sur l'hypothèse qu'il n'y a pas d'apprentissage sans action et pas d'action mûrement délibérée sans apprentissage* ».

Partant de ces définitions classiques, il est possible d'identifier certains principes de base (dits principes originels) de l'*action learning* (Cho et al. 2010). Ces principes peuvent être énoncés comme suit :

1. L'action est le fondement de l'apprentissage.
2. Le développement individuel est le résultat d'un processus réflexif ayant pour objet l'action.
3. L'*action learning* porte sur des problèmes ouverts (i.e., pour lesquels aucune « bonne » réponse n'existe) qui engagent à la fois un développement organisationnel et individuel.
4. Les apprenants travaillent au contact de pairs avec lesquels ils interagissent.
5. L'*action learning* vise à formuler des questions nouvelles plutôt que d'accéder à des connaissances d'experts.

Brook et al. (2012) soulignent la diversité des travaux de recherche sur les pratiques de l'*action learning* (Brook et al. 2012, p. 269). Les auteurs montrent ainsi que, depuis une vingtaine d'années, les chercheurs ont concentré leurs travaux sur quatre thèmes (Brook et al. 2012, p. 270) :

1. L'analyse critique de la pratique de l'*action learning*, des moyens et des fins de l'action, et la remise en cause les hypothèses qui la sous-tendent.
2. Le rôle des émotions dans les pratiques et les politiques d'*action learning*.
3. La signification du concept d'*action* dans le contexte de l'*action learning*.
4. La diversité des pratiques de l'*action learning* au regard des principes de Revans.

Pour certains auteurs, notamment Revans, l'*action learning* peut nécessiter la présence d'un animateur (un *coach* ou un *mentor*) pour faciliter les échanges entre participants, en particulier lorsqu'ils sont confrontés à des problèmes non structurés ou mal définis. Pour d'autres (Simpson et Bourner 2007), l'*action learning* doit être distingué d'autres dispositifs

d'apprentissage, notamment les équipes autodirigées, la consultance, les séminaires, l'apprentissage par problèmes, les études de cas et l'apprentissage expérientiel (*experiential learning*). Pour tous, l'*action learning* constitue le moteur de l'apprentissage individuel, mais également collectif.

### ***1.2. Experiential learning***

La théorie de l'*experiential learning* étudie comment les individus « *acquièrent et transforment de nouvelles expériences, celles-ci leur procurant en retour satisfaction, motivation et développement* » (Armstrong et al. 2008, p. 191). La théorie de référence en matière d'*experiential learning* est celle développée par Kolb (1984). Celle-ci s'inspire directement de la philosophie pragmatiste d'auteurs comme John Dewey, William James, Kurt Lewin ou Jean Piaget, « *l'expérience jouant un rôle central dans leurs théories de l'apprentissage et du développement humains* » (Armstrong et al. 2008, p. 192). Selon Kolb (1984, p. 41), l'*experiential learning* désigne « *le processus par lequel la connaissance est créée par la transformation de l'expérience. La connaissance résulte de la combinaison d'expériences cognitives et transformatrices* ». Dans ce cadre, l'expérience doit être éprouvée et enactée [*acted upon*] pour pouvoir être à la fois l'objet et le produit de l'apprentissage.

Le modèle de Kolb représente le processus de développement de la connaissance comme un cycle de quatre étapes : (i) de l'expérience concrète à (ii) l'observation réflexive, puis (iii) l'abstraction et enfin (iv) l'expérimentation (Armstrong et al. 2008, p. 192). Le passage d'une étape à l'autre reflète un *style* spécifique en matière d'apprentissage (Armstrong et al. 2008, p. 193). Quatre styles sont mis en avant : (i) divergent (multiplicité des points de vue et génération d'idées alternatives) ; (ii) assimilateur (raisonnements inductifs et modélisations théoriques) ; (iii) convergent (résolution de problèmes, prise de décision, et mise en œuvre des idées ou des théories) ; (iv) accommodant (acquisition de nouvelles expériences, résolution de problèmes par essai-erreur en s'appuyant sur leur intuition ou sur les autres, plutôt que sur leurs aptitudes analytiques). Dans ce cadre, Kolb (1984) suggère que l'alignement du *contexte* de l'apprentissage et du *style* cognitif du sujet apprenant améliore la performance de l'apprentissage, ainsi que la satisfaction qu'éprouve le sujet apprenant. Cet alignement favorise également l'accumulation de la connaissance tacite.

### ***1.3. Learning from failures***

Depuis les travaux pionniers de Cyert et March (1963), la question de l'apprentissage par l'erreur ou par l'échec a suscité de nombreux travaux théoriques et appliqués, et cela dans de

nombreux secteurs d'activité (e.g., Madsen et al. 2010 ; Magazzini et al. 2012). Selon Putz et al. (2013), les définitions de l'erreur se partagent en deux groupes : le premier met l'accent sur l'erreur individuelle définie comme un résultat non anticipé conduisant à un échec relativement à une action planifiée par un individu ; le second identifie l'erreur à un écart non intentionnel relatif à une norme, une routine, un standard ou un but fixé par l'organisation. Dans le premier cas, « *l'erreur est une action délibérée (ou l'omission délibérée d'une action) caractérisée par un échec non intentionnel dans l'atteinte de buts personnels* ». Dans le second, l'erreur désigne « *un écart non intentionnel relatif à des normes ou des buts organisationnels qui aurait pu être évité si la personne agissante avait adopté un comportement différent* » (Putz et al. 2013, p. 513).

La théorie de l'apprentissage par l'échec suggère que l'échec est un puissant levier d'apprentissage individuel et organisationnel. Selon Cannon et Edmondson (2005) l'apprentissage par l'échec repose sur trois activités :

1. L'identification de l'échec. Ici, l'accès à l'information est fondamental en vue de détecter les signaux faibles (Cannon et Edmondson 2005, p. 303). L'attitude des individus et des organisations face à l'échec est un facteur décisif de la capacité des organisations à identifier les petits échecs. Les technologies facilitant la collecte, le stockage et la diffusion des informations d'activité sont également essentielles.
2. L'analyse de l'échec. Les dispositifs mis en œuvre par l'organisation pour analyser les causes des échecs, ainsi que la *qualité* des valeurs associées à ces dispositifs, sont importants (e.g., les procédures d'Analyse Après Action s'accompagnent de valeurs comportementales favorables à l'apprentissage par l'échec ; cf. Baird et al. 1997).
3. L'expérimentation délibérée. Les organisations (les plus) performantes en matière d'apprentissage et d'innovation expérimentent délibérément l'échec en créant les conditions favorables à sa survenance lors d'expérimentations où doit s'exprimer le sens critique des individus ; Cannon et Edmondson 2005, p. 310).

L'apprentissage par l'erreur relève ainsi de l'articulation de ces trois activités.

Nous nous sommes plus particulièrement intéressés à deux procédures d'apprentissage dans et par l'action utilisées dans les escadrons de l'armée de l'air : le briefing-débriefing et l'apprentissage-action en environnement virtuel. Ces deux procédures d'apprentissage dans et par l'action nourrissent l'apprentissage à l'échelle du collectif (équipage, escadron), voire de l'organisation toute entière lorsque le produit de l'enquête et la réflexion collective conduites au niveau local vient alimenter un processus global de retour d'expériences. La méthodologie

des deux études de cas est présentée dans les encadrés G et H. A partir de ces études de terrain, j'ai traité deux questions. La première concerne l'analyse des propriétés de l'architecture d'apprentissage déployée. La seconde concerne l'étude des facteurs habilitants et contraignant l'apprentissage organisationnel dans et par l'action.

## **II. VERS UNE ARCHITECTURE D'APPRENTISSAGE ORGANISATIONNEL**

En première analyse, l'étude de cas n°1 (Encadré G) montre que les procédures de briefing-débriefing supportent la performance individuelle et l'amélioration des capacités collectives (cf. Annexe 5 pour une présentation détaillée des résultats de l'étude). En décomposant ces deux fonctions, nous nous sommes penchés sur les propriétés de l'architecture sur laquelle repose la procédure de débriefing. Celle-ci articule trois composantes : un mode, une structure et une culture d'apprentissage (cf. Tableau C). En tant que système complexe adaptatif, l'équipe et l'organisation apprennent à travers une procédure d'apprentissage dans et par l'action qui relève de l'alignement de ces trois composantes. Celui-ci facilite l'exploitation des expériences accumulées par ses individus engagés dans des initiatives d'apprentissage par/dans l'action, et favorise l'articulation des niveaux d'apprentissage individuel et collectif.

### **Encadré G. Méthodologie Cas n° 1 : Briefing débriefing dans les escadrons de l'armée de l'air.**

Le corpus des données de terrain a été recueilli sur une période de deux ans et demi. Il se compose d'entretiens individuels, d'observations non participatives et de documents institutionnels. Seize entretiens individuels semi directifs ont été conduits près de pilotes et navigateurs affectés dans deux escadrons de chasse (Dijon, Nancy) ; quatre moniteurs de l'escadron de formation de Salon de Provence ont également été entendus. Huit entretiens individuels ont été réalisés dans deux escadrons de transport (Evreux et Orléans) près de pilotes, navigateurs et mécaniciens navigants, et un entretien collectif a été organisé. Enfin, des personnels des escadrons de représentation de l'armée de l'air ont été interviewés : six pilotes de la Patrouille de France (sur les neuf que contient la patrouille), les six pilotes de l'EVAA et deux mécaniciens (sur les neuf que contient l'équipe). Les entretiens ont chacun duré une heure en moyenne. Ils ont été enregistrés et retranscrits. Des observations non participatives ont été réalisées durant deux séances de briefing général dans les escadrons de chasse et deux autres séances de briefing (appelé « musique ») dans les escadrons de présentation. Nous avons également assisté à sept séances de débriefing dans les différents escadrons. Durant ces observations, des notes manuscrites et des photos ont été prises. Une

attention particulière a été apportée à la façon dont les débriefings étaient organisés (espace, technologies, manuels, participants) et conduits (pratiques de communication verbales et non verbales, contenu et nature des discussions engagées). Enfin, une analyse des guides et procédures de débriefing suivis par les escadrons visités ainsi que l'examen d'une dizaine de documents non classifiés français, anglo américains et OTAN relatifs à cet exercice a été effectués. Le traitement des données de terrain a été réalisé par codage ouvert afin de faire émerger les thèmes représentatifs et réguliers au fil de l'analyse. Il concernait les transcriptions des entretiens, les notes de terrain prises lors des observations *in situ* consignant le déroulement des tâches exécutées lors des briefings et débriefings ainsi que certains passages des documents internes. Opéré dans la perspective de comprendre la façon dont les séances de briefing débriefing sont réalisées au sein des escadrons de l'Armée de l'air française, le codage des données révèle trois catégories thématiques principales : (1) les mécanismes d'apprentissage à l'œuvre (2) les fonctionnalités des technologies utilisées ainsi que (3) les valeurs sociales et les comportements individuels.

### ***II.1. Différents modes d'apprentissage***

La procédure de débriefing ne repose pas sur un processus d'apprentissage unique mais englobe différents *modes* d'apprentissage. Un mode d'apprentissage peut être décomposé en deux briques élémentaires : un mécanisme d'apprentissage et un niveau d'apprentissage. Le niveau d'apprentissage concerne la nature du changement produit par le mécanisme d'apprentissage sur la posture comportementale et cognitive du sujet apprenant. Trois mécanismes d'apprentissage nourrissent la procédure de briefing-débriefing :

1. *L'apprentissage par l'expérimentation.* Ce type d'apprentissage implique la participation active d'individus capables d'apprendre par essai-erreur.
2. *L'apprentissage par les autres.* Il s'agit d'un type d'apprentissage social supposant la mise en relation d'expériences individuelles distinctes. En facilitant le partage des expertises et en articulant les jugements et les opinions relatifs aux actions et aux attitudes spécifiques des membres d'un groupe, l'apprentissage par les autres permet la dissémination des bonnes pratiques, des savoirs faire et autres connaissances critiques au sein des équipages et entre les équipages.
3. *L'apprentissage par l'échec.* Ce type d'apprentissage met l'accent sur l'analyse des déviations observées entre les conséquences de l'action entreprise effectivement et les résultats désirés, planifiés ou anticipés de l'action (cf. plus loin). Les déviations que

les équipages ou les individus expérimentent ne sont pas nécessairement importantes : de petits échecs peuvent aussi produire des enseignements essentiels et déclencher des adaptations vitales pour l'organisation toute entière.

L'intégration de ces types d'apprentissage dans la procédure de débriefing est aisée dans la mesure où chaque mécanisme repose le cycle pragmatiste de production de la connaissance (enquête – réflexivité). L'intégrité du cycle est par ailleurs renforcée puisque chaque mécanisme d'apprentissage s'inscrit dans la courte période. Par conséquent, à court terme, l'alignement des trois mécanismes d'apprentissage n'altère pas les routines organisationnelles existantes, sauf si l'accumulation d'expériences locales dissonantes déclenche des changements organisationnels plus profonds. A long terme, les procédures de débriefing peuvent alors induire des modifications de la doctrine et des méthodes utilisées par l'Armée de l'air pour former, entraîner et éduquer son personnel. Chaque mode d'apprentissage (incrémental ou profond) dépend donc de l'interaction dynamique entre les mécanismes et les niveaux d'apprentissage.

## ***II.2. Différentes structure d'apprentissage***

L'étude de cas met en évidence l'utilisation, par les pilotes et les navigateurs, de différentes modalités d'interaction et de communication en vue d'acquérir, de partager et de disséminer des connaissances relatives à la mission (e.g., la situation météorologique, l'environnement tactique, la nature des menaces ... etc.). Les participants aux séances de débriefing mobilisent plus particulièrement des technologies de communication et des structures relationnelles différentes selon la nature de la connaissance échangées. Par exemple, l'échange de connaissances personnelles est facilité lorsque les individus sont autorisés à dialoguer de façon informelle entre eux. Dans le même ordre d'idées, les leaders au sein des escadrons encouragent l'utilisation par leurs subordonnés d'une variété de systèmes techniques numériques et de documentations papier qui, en retour, améliorent l'accès à et la dissémination de l'expertise individuelle et de l'expérience collective. La conduite des sessions de débriefing suppose donc déploiement d'une variété d'artefacts communicationnels dédiés à l'articulation, au stockage et à la diffusion de connaissances tacites et explicites.

L'implication de ce résultat est que les artefacts communicationnels que les individus utilisent ainsi que la nature de la connaissance échangée doivent être mis en cohérence avec les propriétés de la structure relationnelle sur laquelle repose l'interaction. Puisque le débriefing repose sur une structure relationnelle duale combinant dialogue informel et hiérarchie, la mise en œuvre d'un climat de communication formalisé et sécurisant requiert que l'organisation

encourage ses membres à sélectionner librement la combinaison de technologies et de modalités de communication qui leur semble la mieux répondre aux contraintes et aux objectifs de la situation d'apprentissage et de la nature de la connaissance associée. Les propriétés fondamentales de la structure d'apprentissage supportant la procédure de débriefing sont donc la flexibilité des usages et la polyvalence des contextes d'emploi.

MODE	TYPES	Apprentissage par l'expérimentation Apprentissage par l'échec Apprentissage par les autres
	NIVEAUX	Simple boucle Double boucle
STRUCTURE	INTERACTION	Relations formelles / hiérarchiques Dialogues informels
	TECHNOLOGIE	Documentations Système de Restitution de Mission Interactions en face-à-face
	CONNAISSANCE	Connaissances tacites et expériences personnelles Données, information et connaissances explicites
CULTURE	VALEURS INDIVIDUELLES	Réactivité Humilité Ouverture
	NORMES SOCIALES	Confiance Objectivité

**Tableau C.** Propriétés de l'architecture d'apprentissage supportant la procédure de briefing-débriefing

### ***II.3. Culture de l'apprentissage***

Une culture d'apprentissage est constituée d'un ensemble de valeurs et de normes qui orientent les comportements des individus engagés dans des expériences d'apprentissage. Ron et al. (2006) précisent que le raisonnement critique et l'analyse réflexive sont facilités lorsque les individus apprenants partagent certaines valeurs. Il est donc important de considérer que la culture de l'apprentissage détermine la capacité des individus d'apprendre de leurs échecs, de leurs expérimentations ou des autres et d'en tirer des bénéfices au quotidien. Lorsque les

valeurs individuelles et les normes sociales s'emboîtent de façon cohérente, les séances de débriefing, soutenues par la combinaison de relations formelles et informelles, peuvent produire des résultats utiles pour les sujets apprenants (par exemple, pilotes, équipages, escadrons).

Les données de terrain révèlent que des valeurs individuelles, comme la réactivité, l'humilité et l'ouverture, contribuent à l'efficacité et à l'utilité du débriefing. La réactivité, l'humilité et l'ouverture se complètent pour garantir que le raisonnement critique et l'analyse réflexive produisent une amélioration. Il apparaît de plus que si ces valeurs sont alignées avec les normes sociales en vigueur au sein du groupe, la performance collective est atteinte. Les normes sociales conditionnent les façons d'interagir et de communiquer des individus durant les séances de débriefing. Ces normes incluent la confiance mutuelle et l'objectivité. La confiance est essentielle dans la mesure où elle détermine le degré d'acceptation, de la part de l'individu, du jugement et de la critique d'autrui. Sans confiance mutuelle, l'opportunité pour les individus de capitaliser sur l'analyse rétrospective des actions s'évanouit. L'objectivité renforce la confiance mutuelle entre les individus quel que soit le contexte, formel ou informel, dans lequel survient l'interaction. L'objectivité signifie que les individus s'engagent à rapporter leurs actions sans en dénaturer le contenu et, dans le même temps, à reconnaître les commentaires, les critiques et les suggestions des autres comme potentiellement pertinentes et utiles pour eux-mêmes comme pour l'équipage.

L'étude de cas portant sur les procédures de briefing-débriefing confirme que les acteurs développent leurs capacités d'apprentissage à partir de l'analyse réflexive et de la discussion critique des actions réalisées au cours de la mission. Au-delà, elle permet également de comprendre les conditions selon lesquelles l'apprentissage dans et par l'action se construit, démontrant qu'il repose sur une architecture composée de trois catégories de ressources : des mécanismes d'apprentissage et des systèmes technologiques de communication et de contrôle social, qui s'articulent autour d'un ensemble de valeurs culturelles et d'attitudes comportementales. En ce sens, cette contribution s'inscrit dans la continuité des recherches antérieures sur les procédures pragmatistes d'apprentissage, tout ouvrant la voie pour une analyse opératoire des modes de gestion des facteurs favorables et défavorables à l'apprentissage dans et par l'action.

### ***III. LES BARRIERES A L'APPRENTISSAGE ORGANISATIONNEL***

La mise en œuvre des procédures d'apprentissage organisationnel ne va pas de soi. De nombreux facteurs techniques, organisationnels, culturels, et psychologiques sont susceptibles

de limiter l'apprentissage en entravant l'implication des individus et des équipes dans un processus d'enquête réflexive et d'analyse critique de leurs actions (Cannon et Edmondson, 2005 ; Zhao, 2011). Par exemple, Catino et Patriotta (2013) démontrent les bénéfices des approches pragmatistes de l'apprentissage à l'échelle de l'organisation (améliorer la sûreté, la fiabilité et la résilience organisationnelles) sous la condition de tenir compte de certains biais ou freins émotionnels, organisationnels et culturels. Dans ce cadre, la culture de l'organisation vis-à-vis de l'erreur oriente la façon dont les équipes agissent et réagissent, sur le double plan cognitif et émotionnel. De leur côté, Ron et al. (2006) insistent sur les fonctions, sociales et psychologiques, nécessaires à l'apprentissage dans et par l'action. Les premières incluent la discipline, les relations émotionnelle et cognitive des individus vis-à-vis de l'erreur, le contrôle de la performance par la hiérarchie ou encore la communication des intentions du commandement ; les secondes renvoient à la capacité de résilience des individus face à leurs erreurs, au système de reconnaissance et de récompense à l'œuvre dans l'organisation, et à la régulation sociale. Ainsi, les valeurs organisationnelles peuvent ne pas être alignées aux exigences d'un apprentissage dans et par l'action en décourageant la réflexion collective et perturbant l'attribution des responsabilités et la reconnaissance des erreurs. Elles peuvent également limiter le partage d'un sentiment de sécurité, l'esprit de dialogue et la capacité d'écoute des acteurs. Ensemble, ces facteurs techniques, socioculturels et émotionnels définissent un climat de l'apprentissage entendu comme « *un construit multi facettes dans lequel chaque facette décrit l'influence d'un facteur (...) sur l'une des étapes de l'apprentissage* » (Putz et al. 2013, p. 519).

Le tableau D synthétise les facteurs le plus souvent cités dans la littérature, susceptibles de contrarier le processus d'apprentissage pragmatiste. Ce tableau offre une grille de lecture opératoire des facteurs favorables et défavorables à l'apprentissage organisationnel.

<b>Facteurs défavorables</b>	<b>Illustrations</b>	<b>Auteurs</b>
Techniques	Complexité des systèmes, compétences absentes ou insuffisantes	Edmondson et Cannon (2005) ; Lipshitz et al. (2002)
Socioculturels (normes sociales et valeurs individuelles)	Pénalisation de l'erreur, absence de culture du dialogue, peu de réflexivité, dévalorisation de l'enquête	Edmondson (2002) ; Edmondson et Cannon (2005) ; Revans (1982) ; Kolb (1983)

Psychologiques et émotionnels	Stress, peur, anxiété, culpabilité, insécurité, mauvaise estime de soi.	Zhao (2011) ; Catino et Patriotta (2013) ; Ron et al. (2006) ; Carmeli (2007)
-------------------------------	---	---

**Tableau D.** Les principaux facteurs défavorables au processus d'apprentissage pragmatiste

J'ai appliqué cette grille afin d'étudier les barrières pesant sur l'apprentissage pragmatiste dans les deux cas étudiés : les procédures de briefing-débriefing conduites dans l'armée de l'air (cf., Encadré G) et la formation à l'aide de systèmes de simulation des commandants d'unité de l'aviation légère de l'armée de terre (Encadré H).

**Encadré H.** *Méthodologie Cas n° 2 : Formation en environnement virtuel au sein de l'aviation légère de l'armée de terre.*

Cette étude de cas exploratoire porté sur les pratiques des acteurs impliqués dans un processus d'apprentissage action en environnement synthétique ou virtuel. Adoptant la posture de l'observateur non participant, j'ai suivi pendant deux jours 12 capitaines de l'Aviation Légère de l'Armée de Terre qualifiés « chefs de patrouille » sur le site de l'Ecole de l'ALAT (Cannet des Maures) dans le cadre de leur formation pour obtenir la qualification « commandant d'unité » (CDU). Le commandant d'unité (CDU) commande deux à trois patrouilles, chacune composée de deux à trois appareils (Gazelle, Pumas, Tigre ... etc.). Il correspond à l'échelon décisionnel tactique, interface entre les unités de terrain chargées de réaliser la mission et le centre de commandement (CO) responsable de la planification et du contrôle des opérations. Le CDU a pour fonctions principale de traduire l'intention du commandement sous la forme d'un ordre initial adressé aux chefs de patrouille placés sous ses ordres. Il est l'acteur de la conduite de la mission opérationnelle. L'exercice, d'une durée d'une semaine doit permettre aux stagiaires à valider la qualification de commandant d'unité (CDU). Ces derniers sont immergés dans un environnement synthétique appelé EDITH (Entraîneur Didactique Interactif Tactique Hélicoptère). Il s'agit d'un simulateur tactique composé de six postes de travail connectés en réseau. Chaque poste se compose d'un poste de pilotage simplifié reproduisant sur trois écrans le cockpit et les instruments de bord de l'appareil simulé (ex., Gazelle, Puma). Le poste de pilotage est configuré pour accueillir deux personnes faisant face à un écran 180° permettant l'immersion dans un environnement 3D. Un poste de contrôle de la simulation est placé à l'arrière du poste de pilotage, face à l'écran représentant l'environnement en 3D. Ce poste est occupé par le personnel en charge du suivi

de la simulation (moniteur) ou tout autre personnel impliqué dans la conduite de la mission et/ou le déroulement du scénario (ex., contrôleur aérien avancé (JFAC), troupes au sol ...). Les personnels occupant les postes de pilotage interagissent « physiquement » et communiquent par radio. L'ensemble des interactions entre les patrouilles, l'AWACS, les troupes au sol, le poste de commandement (etc.) ont lieu au sein de l'environnement virtuel partagé (cartographie 3D) et les communications passent par la radio. Pendant toute la durée du stage de formation, les stagiaires vivent comme s'ils étaient projetés sur un théâtre d'opération : la journée de travail se déroule (e.g., repas, sommeil, réveil) dans le respect des conditions de vie qui prévalent sur un théâtre d'opérations. J'ai collecté une variété de données primaires à partir de l'observation directe des pratiques des acteurs, de l'écoute des communications avant et pendant l'exercice, et d'entretiens avec les acteurs et les formateurs à l'issue de chaque journée de travail. Les phases d'observation directe ont l'objet de prises de notes. Les entretiens ont été conduits auprès des acteurs en situations de formation (12 individus) et de leurs évaluateurs (4 individus). J'ai suivi un guide d'entretien semi directif, ouvert, articulé autour de deux grands questionnements (« Quels sont, selon vous, les objectifs, les avantages et les inconvénients de la formation sur EDITH ? Quels sont, selon vous, les facteurs défavorables et/ favorables à l'apprentissage dans ce type d'environnement ? »). Les entretiens non pas été enregistrés mais les réponses des personnels interviewés ont fait l'objet de prises de notes pendant les entretiens. Ce corpus de données primaires (notes de terrain et entretiens) a ensuite fait l'objet d'un traitement manuel par codage ouvert. Ce dernier a permis de faire émerger trois thèmes représentatifs : les mécanismes d'apprentissage, les technologies et les espaces de communication mobilisés, les valeurs et les attitudes comportementales des acteurs placés en situation d'apprentissage action. Les thèmes identifiés ont été soumis, pour validation, à l'officier responsable de la qualification des futurs CDU lors de la session de formation suivie. Ce dernier a porté un regard critique sur certaines définitions proposées. Deux aller retour ont été nécessaires afin d'arrêter l'analyse thématique issue du cas. Sur cette base, j'ai élaboré une grille de lecture des facteurs susceptibles de favoriser ou de limiter l'apprentissage action. Cette grille de lecture sert de trame pour la présentation des résultats (cf. Annexe 6).

Dans le cas spécifique des procédures de briefing-débriefing, l'analyse des données met en lumière le rôle joué par les technologies (Tableau E). En particulier, l'usage des systèmes de reconstitution des vols exploités par les escadrons de chasse confronte systématiquement et objectivement les pilotes et navigateurs à la réalité : le visionnage des enregistrements leur

permet de se représenter avec précision le déroulement de la mission et ses éventuelles défaillances. Les faits sont montrés, la transparence est la règle et chaque participant doit être prêt à accepter la pleine responsabilité de ses erreurs. En cela, les technologies ont quelque peu révolutionné les procédures de briefing-débriefing dans la mesure où, avant leur introduction, certains pilotes expérimentés pouvaient avoir tendance à sous-estimer l'ampleur de leurs erreurs. En permettant aux pilotes et navigateurs d'examiner les données objectives du vol, les systèmes de reconstitution et les films des vols favorisent le contrôle et la confrontation à la réalité.

<b>Facteurs</b>	<b>Solutions apportées par le briefing-débriefing</b>
<b>Techniques</b>	<p>Formation (initiale et continue) et acculturation des acteurs aux outils, principes et valeurs de l'apprentissage par et dans l'action.</p> <p>Standardisation des pratiques du briefing-débriefing.</p> <p>Intégration des phases de préparation, d'action et d'analyse après action (favorable à l'expérimentation et à la réduction de la complexité des tâches).</p> <p>Systèmes techniques et technologiques favorisant la détection et l'analyse des erreurs.</p>
<b>Socioculturels</b>	<p>Consonance entre les valeurs individuelles et les normes sociales de l'organisation.</p> <p>Rôle des cadres intermédiaires qui incarnent le rapport positif de l'organisation face à l'erreur ('dépénalisation').</p> <p>Espaces de socialisation encourageant le dialogue et la réflexivité.</p> <p>Compréhension et respect des traditions, rituel, références historiques de l'organisation</p>
<b>Psychologiques et émotionnels</b>	<p>Systèmes techniques et technologiques favorisant la transparence et le sentiment de sécurité des acteurs.</p> <p>Attribution des responsabilités et valorisation des individus (estime de soi, minimisation du sentiment de culpabilité).</p> <p>Modes de gestion sensoriels des émotions individuelles.</p>

**Tableau E.** Les apports du briefing-débriefing pour lever les barrières à l'apprentissage organisationnel

Les dispositifs d'identification et d'analyse des erreurs (technologies et films vidéo) pourraient être considérés comme particulièrement intrusifs par nombre d'individus. Or, ce n'est pas le cas dans la mesure où ils sont utilisés par des équipes partageant les valeurs culturelles du dialogue et de la remise en question. Ces collectifs s'expriment par ailleurs au sein d'espaces d'interactions favorisant le débat ouvert et la confiance mutuelle. Ainsi, ces dispositifs sont mis en actes par les individus qui bénéficient d'un environnement favorable à l'apprentissage réflexif. On retrouve également, dans le cas de la formation des commandants d'unité de l'ALAT (cf. Annexe 6), le rôle majeur joué par les systèmes de restitution de la mission, la standardisation des procédures de préparation et de débriefing de la mission, ainsi que le niveau de formation élevé des stagiaires à l'usage des systèmes techniques. Ces éléments de l'architecture d'apprentissage constituent autant de réponses apportées par l'organisation à la barrière posée par la complexité des systèmes techniques (cf. Tableau F).

<b>Facteurs</b>	<b>Solutions apportées par EDITH</b>
<b>Techniques</b>	<p>Systèmes de restitution de la mission (audio et vidéo)</p> <p>Procédures standardisées de préparation et de débriefing (e.g., briefing général ; « 3 alphas »)</p> <p>Formation et expérience des individus sur les systèmes techniques (préparation, communication et analyse)</p>
<b>Socioculturels</b>	<p>Acceptation de l'erreur comme source d'apprentissage</p> <p>Décomposition du processus collectif d'enquête et de réflexion critique</p> <p>Culture du débriefing et de l'amélioration des compétences</p> <p>Chaque session est une opportunité d'apprentissage et d'expérimentation</p>
<b>Psycho-émotionnels</b>	<p>Réalisme de l'exercice (pression temporelle ; stress ; continuité des environnements réels et virtuels)</p> <p>Sentiment de sécurité face à l'erreur (différent de la honte ou de la peur)</p>

**Tableau F.** Typologie des facteurs d'influence du processus d'apprentissage en environnement synthétique ou virtuel : le cas d'EDITH

Au regard des facteurs socioculturels, l'acceptation de l'erreur comme source d'apprentissage, sur le double plan des valeurs individuelles et organisationnelles (culture du débriefing) offrent des solutions permettant de nourrir la culture du dialogue indispensable à la mise en œuvre du processus d'enquête réflexive sur lesquels repose l'apprentissage-action. Ces résultats confirment ceux de Cannon et Edmondson (2005) tout en les enrichissant. En particulier, ils tiennent compte de l'influence (positive et négative) des facteurs psycho-émotionnels sur le processus d'apprentissage-action. Sur ce point, la mise en situation des acteurs, ainsi que le partage d'un sentiment de sécurité face à l'erreur, permettent de considérer leurs émotions (e.g., stress, anxiété) comme des conditions favorables à l'accumulation de l'expérience. Ce résultat est lié à l'état de consonance cognitive qui caractérise la culture organisationnelle de l'ALAT et les émotions et valeurs individuelles portées par les acteurs. La cohérence qui en découle, en entretenant un climat de sécurité psychologique indispensable à l'établissement de relations interpersonnelles saines (Carmeli 2007), soutient positivement le processus d'apprentissage-action en environnement virtuel lorsque celui-ci repose sur des conditions réalistes (pression temporelle, mise en situations des stagiaires).

#### ***IV. ENSEIGNEMENTS***

Dans ce chapitre, nous avons étudié le processus par lequel les organisations apprennent à s'adapter et à conduire le changement. En proposant un modèle de l'architecture d'apprentissage des organisations qui identifie les principales composantes déployées par les organisations, puis mobilisées et combinées par les acteurs, nous avons pu ensuite étudier les barrières à l'apprentissage en discutant des conditions favorables à l'apprentissage. En particulier l'alignement des mécanismes d'apprentissage et des structures d'interaction avec la culture de l'organisation et les valeurs individuelle est une condition indispensable pour que se réalise l'apprentissage organisationnel. Nous avons également essayé de proposer une lecture opératoire des conditions habilitantes pour l'apprentissage organisationnel à travers la proposition d'un cadre permettant, d'une part, de donner un contenu empirique au concept d'architecture de l'apprentissage et, d'autre part, de discuter de solutions opérationnelles apportées par les procédures de briefing-débriefing et les techniques de formation en environnement virtuel.

Dans cette optique, les barrières techniques, socioculturelles et psychologiques ne peuvent être levées par l'unique fait d'une décision managériale « extérieure » au contexte

d'apprentissage. Le rôle de l'organisation est de venir en soutien des collectifs dans leur démarche d'apprentissage. Par exemple, elle peut introduire des systèmes de gestion des données qui facilitent la détection des anomalies et garantissent la disponibilité d'une expertise en matière d'analyse. Il peut également s'agir pour les managers de renforcer le sentiment de sécurité à travers la mise en place de systèmes valorisant le reportage des erreurs (par exemple, l'institutionnalisation de la dépénalisation de l'erreur dans notre cas). Enfin, une attention particulière doit être portée à la formation et à la communication interne visant à présenter les erreurs comme des opportunités d'apprentissage.

Le chapitre suivant entreprend de travailler sur la capacité d'innovation de l'organisation en vue de prolonger la réflexion sur les propriétés des compétences et des formes organisationnelles favorables à l'apprentissage organisationnel et à l'innovation en tant que modalité d'adaptation et de conduite du changement. Si elles souhaitent survivre et se développer dans un environnement économique dynamique et changeant, les organisations doivent en effet se transformer et innover (Fiedler, 2010).

Comment les organisations innovent-elles ? L'hypothèse que nous formulons dans le chapitre 4 pour répondre à cette question est que la capacité d'innovation d'une organisation repose sur un ensemble de compétences relatives à la conception et à l'intégration d'une variété de ressources. Dans ce cadre, les compétences en matière de design organisationnel et de produit apparaissent déterminantes. Ensemble, ces compétences supportent la capacité de l'organisation de gérer le changement de l'organisation dans sa double dimension structurelle et cognitive et favorisent l'invention et la commercialisation de nouvelles idées et connaissances.

## CHAPITRE 4. GESTION DU CHANGEMENT ET CAPACITES D'INNOVATION

**RESUME.** Le chapitre 4 du mémoire mobilise la théorie des systèmes complexes quasi-décomposables et la théorie des capacités d'innovation afin d'étudier les caractéristiques des capacités mises en œuvre par les organisations pour s'adapter et conduire le changement. Ce quatrième chapitre permet plus particulièrement de spécifier les propriétés structurelles, culturelles, technologiques et cognitives du concept de capacités de l'organisation apprenante et innovante. Deux capacités sont ainsi mises en évidence : le *design* organisationnel et l'innovation.

Liste des travaux de Pierre BARBAROUX utilisés pour rédiger le chapitre 4
[1] Interactive approaches to innovation and knowledge management". <i>Journal of Innovation Economics &amp; Management</i> . 2016/1, n°19, pp. 3-10. Co-auteur : Amel Attour.
[2] "From market failures to market opportunities: managing innovation under asymmetric information". <i>Journal of Innovation and Entrepreneurship</i> , 2014, Vol. 3, n° 5, 15 pages.
[3] « Firms, capacities and modalities of innovation ». In B. Laperche (Ed.), <i>Principes d'Economie de l'Innovation</i> , Peter Lang, 2014. 15 pages.
[4] "Identifying collaborative innovation capabilities: Insights from the ARPANET project". <i>European Journal of Innovation Management</i> , 2012, Vol. 15, n° 2, pp. 232-258.
[5] "A design-oriented approach to organizational change: Insights from a military case study". <i>Journal of Organizational Change Management</i> , 2011, Vol. 24, n° 5, pp. 626-639.
[6] "How do organisations manage to develop collaborative innovation? The case of the Tactical Strike and Reconnaissance aircraft (TSR-2)". <i>Journal of Innovation Economics &amp; Management</i> , 2011/1, n°7, pp. 161-179.
[7] « Modularité de l'organisation et design des organisations adaptatives : une analyse de la transformation des organisations de Défense américaines ». <i>Revue d'Economie et de Management de l'Innovation</i> , 2010/1, n°31, pp.31-50. "
[8] « On the nature and logics of innovation capabilities within knowledge-intensive environments: A case study". <i>Journal of Innovation Economics &amp; Management</i> , 2009/1, n°3, pp. 169-188.
[9] Towards a unified model of organization design: Applying the principle of decomposition

to design organization knowledge and structures”. *24th European Group for Organizational Studies Colloquium* (E.G.O.S.). Amsterdam (Pays-Bas), 10-12 juillet 2008.

[10] *Gestion des connaissances et organisations de Défense : une réflexion autour du Network Centric Warfare*. Contrat de recherche coordonné par la Délégation aux Affaires Stratégiques, sous direction « défense, technologie et prolifération », Ministère de la Défense. 2005. 205 pages. Co-auteurs : Cécile Godé, Valérie Mérindol, David Versailles.

## **INTRODUCTION**

Le principal défi pour les organisations qui tentent de reconfigurer leurs structures et leurs modes d'action en vue s'adapter et de conduire le changement est de réconcilier deux forces opposées : la recherche de la flexibilité et le maintien d'une certaine fiabilité. Face à ce défi, l'hypothèse formulée dans ce chapitre est que la gestion du changement repose sur un ensemble de compétences qui ensemble définissent la capacité d'innovation de l'organisation. Ces compétences, notamment celles touchant le design des formes organisationnelles innovantes, l'intégration des architectures de connaissances et la gouvernance des processus de connaissances, embrassent les différentes dimensions structurelles, culturelles, technologiques et cognitives de la gestion du changement à l'échelle de l'organisation. C'est donc à travers le prisme de la capacité d'innovation que nous explorons comment les organisations s'adaptent et conduisent le changement.

### ***I. LA CONDUITE DU CHANGEMENT COMME CAPACITE DE DESIGN ORGANISATIONNEL***

Les théories du *design* désignent un sous ensemble de la connaissance humaine qui explore les lois et les forces censées gouverner l'émergence et l'évolution d'une variété d'entités et de systèmes organisés (Romme 2003). Pour ces théories, concevoir une organisation, quelle qu'en soit la nature, physique, sociale ou artificielles, suppose de rendre explicite (i.e., en les codifiant) les structures, les processus et les buts qui la caractérisent en tant que système (Yoo et al. 2006). Parmi les phénomènes qui intéressent les théories du design, le changement organisationnel revêt une importance capitale (Van de Ven et Poole 2006).

Par bien des aspects, les premiers travaux d'Adam Smith ont jeté les bases des méthodologies contemporaines des théories du design en sciences sociales. Les principes de la division du travail, de la spécialisation des tâches et de la standardisation des modalités d'assemblage (des produits, des technologies etc.) sont au cœur de nombreuses approches de la production et de la conception organisationnelles. Le design organisationnel est une affaire de décomposition et de recomposition d'une entité en unités élémentaires interdépendantes sur le double plan informationnel et fonctionnel. Herbert Simon lui-même s'est inspiré, en les enrichissant, de ces deux principes énoncés par Adam Smith. Simon suggère en effet que le principe de quasi-décomposition des systèmes complexes doit être considéré comme un mécanisme adaptatif universel qu'il est possible d'observer à différentes échelles dans les systèmes vivants naturels, ainsi que dans les systèmes sociaux et artificiels (Simon 1969). La quasi-décomposabilité est un concept de la théorie générale des systèmes permettant de représenter

les systèmes organisés sur un continuum en fonction du degré de décomposition de leur architecture et de dépendance fonctionnelle de leurs composants. Ainsi, le principe de décomposition appliqué au design des organisations relève-t-il de deux facteurs : (i) la finesse du couplage entre les composants de l'architecture de l'organisation et (ii) la tolérance de l'architecture en matière de combinaison et de recombinaison entre composants.

Cette définition a été appliquée par les économistes et les théoriciens des organisations dont les travaux visent à comprendre les propriétés architecturales des firmes qui s'adaptent continuellement à des conditions volatiles et incertaines (Galunic et Eisenhardt 2001 ; Langlois 2002). Ces travaux ont montré qu'en décomposant leur architecture, une organisation peut améliorer sa capacité d'adaptation en multipliant les possibilités de combinaison et de recombinaison de ses ressources. Orton et Weick (1990) et Sanchez et Mahoney (1996) ont notamment démontré que les organisations décomposables s'adaptent plus facilement que les organisations intégrées. Cette approche a également été développée par les chercheurs spécialisés dans l'étude des processus de production de systèmes de produits complexes (*Complex Product Systems*, CoPS ; Hobday 1998 ; Brusoni et al. 2001 ; Davies et Hobday 2005). Cette littérature suppose que la décomposition d'une organisation ou d'un système technique en composants autonomes permet de recombinaison une variété d'*inputs* en une variété d'*outputs* offrant ainsi une architecture flexible pour s'adapter aux pressions externes et internes de l'environnement (e.g., pour la firme il s'agit de délivrer le bien ou le service correspondant au mieux aux caractéristiques du marché).

Nous qualifions de *structurelle* cette vision du design organisationnel. Selon cette vision, les formes organisationnelles diffèrent selon les propriétés fonctionnelles et informationnelles de leur architecture. Mais les organisations peuvent aussi être classées en fonction de leur propriétés *cognitives* (Boisot 1998). Plutôt que de porter l'attention sur les propriétés de l'architecture et des interfaces entre composants, cette seconde vision du design organisationnel considère la variété des connaissances de tous types incorporées dans un système organisé. Dans cette optique, il s'agit de comprendre comment les connaissances sont créées, stockées, partagées et intégrées au sein d'une organisation dont la forme organisationnelle repose sur une architecture et des interfaces données.

Cette vision est partagée par les théoriciens de la firme comme processeur de connaissances et de ressources (Barney 1991 ; Teece et al. 1997). Selon cette théorie, la source de l'avantage concurrentiel des firmes est liée à la façon dont elles conçoivent, combinent et intègrent des connaissances dans leurs lignes de produits et de services. Ces connaissances sont distribuées

individuellement et exploitées collectivement au sens où elles sont incorporées dans des pratiques individuelles et intégrées dans des routines qui sont à la fois dépendantes du contexte et développées par apprentissage (Cohendet et Llerena 2003).

Deux dimensions caractérisent donc le design organisationnel. La première dimension désigne la sélection, l'intégration fonctionnelle et les relations informationnelles entre les composants et les ressources. La deuxième dimension relève de la variété, de l'échelle et de la portée des connaissances encapsulées dans les composants et coordonnées au sein de la structure. En mobilisant les travaux d'Henderson et Clark (1990), la dimension cognitive du design organisationnel relève de deux catégories de connaissances : la connaissance architecturale et la connaissance des composants. Ces deux catégories de connaissance organisationnelle ne sont évidemment pas indépendantes des propriétés de la structure de l'organisation. Le tableau G présente les visions structurelles et cognitives du design de l'organisation.

VISION	DIMENSIONS	DEFINITION
Structurelle	Architecture	Sélection et intégration fonctionnelle des composants de l'organisation (e.g., degré de décomposition, distribution des tâches et des fonctions)
	Interfaces	Propriétés des structures d'interaction entre les composants de l'organisation (e.g., taux et qualité des interactions, direction des flux d'information)
Cognitive	Connaissances architecturales	Connaissances relatives aux relations fonctionnelles et informationnelles entre les composants de l'organisation (e.g., prise de décision, coordination, gouvernance)
	Connaissances de composants	Connaissances relatives aux différentes fonctions et concepts clefs encapsulés dans les composants de l'organisation (e.g., autonomie, spécialisation, standardisation)

**Tableau G.** Les dimensions structurelles et cognitives du design organisationnel

Nous avons appliqué le cadre théorique dans le cadre d'une étude de cas portant sur la conduite du changement organisationnel dans les organisations militaires des pays de l'OTAN (cf. Encadré I). Le processus dit de transformation des organisations militaires est décrit dans

l'annexe 7. Ce processus de changement des propriétés structurelles et cognitives attachées à la forme organisationnelle des organisations militaires vise à développer la qualité (quel que soit le critère de performance retenu : vitesse, sûreté, fiabilité, précision etc.) de l'offre de service proposée par les forces de l'OTAN aux décideurs politiques. Il s'agit d'un processus de design organisationnel dont la finalité est l'innovation organisationnelle, celle-ci déterminant la production d'un service d'un type bien particulier puisqu'il s'agit de planifier, commander et conduire des opérations aériennes dans un cadre coopératif et international.

**Encadré I. Méthodologie de l'étude de cas : la transformation au sein de l'OTAN**

L'étude de cas est le résultat d'un contrat de recherche financé par le ministère de la Défense en 2005/2006. Ce projet avait pour ambition d'étudier les effets de l'introduction massive des nouvelles technologies de l'information et de la communication sur les organisations, la culture, les processus décisionnels et la doctrine militaires. Les sources de données sont de trois types : (i) entretiens semi-structurés près de 20 officiers français appartenant aux différentes armées (air, terre, marine) en charge du processus de certification « NATO Responsive Force » (NRF) des armées françaises ; (ii) rapport et documentations officiels OTAN ; (iii) observations non participatives. Les officiers reçus en entretien ont activement participé à la transformation des interfaces de communication et des architectures de forces françaises afin de les aligner sur les normes OTAN. Il faut noter que ces normes s'appliquent à tous les pays membres. La durée moyenne des entretiens collectifs (3 par armée) est de 5 heures. Des rapports intermédiaires ont été rédigés et envoyés aux personnes interviewées pour validation et/ou correction. Les rédacteurs de l'étude ont enfin assisté en tant qu'observateurs (i) à un briefing sur les procédures OTAN en matière de standardisation des systèmes d'informations et de communication tactiques et (ii) à une réunion de retour d'expériences des Forces Spéciales françaises engagées en Afghanistan.

Les résultats de l'étude de cas montrent que la nouvelle forme organisationnelle des forces de l'OTAN combine une architecture fonctionnelle faiblement couplée avec des interfaces de communication qui peuvent être, alternativement, fortement couplées si on considère les taux d'interaction entre composantes de même niveau hiérarchique, et faiblement couplées si on considère les taux d'interaction le long de la chaîne de commandement. La capacité d'adaptation relève donc tout autant de la spécification des interfaces de communication que de l'architecture fonctionnelle de l'organisation.

Concernant le premier point (interfaces), les tenants de la transformation des organisations militaires considèrent que la gestion des interdépendances informationnelles entre les unités est directement corrélé au volume des investissements consentis dans le domaine des technologies de l'information et de la communication et à la qualité des usages que les utilisateurs seront capables de développer (cf. Chapitre 2). La stratégie de l'OTAN en matière de spécification des interfaces de communication repose en effet sur la doctrine dite de la « guerre réseau centrée » (*Network-Centric Warfare*, NCW). Selon cette doctrine, les réseaux de communication, les télécommunications satellitaires et les systèmes informatiques mobiles jouent un rôle de plus en plus central lors des phases de planification, de commandement et de conduite (C2), et d'exécution des missions. Les interfaces de communication « réseau centrées » facilitent le partage de l'information tactique, et augmentent la connaissance de la situation et l'autonomie de décision des unités sur le terrain. Le management de l'information en réseau permet de maîtriser le tempo des opérations, d'améliorer la qualité des activités de commandement et de conduite, et de synchroniser les actions et les effets lors des phases d'exécution. Les interfaces déployées selon la doctrine NCW sont conçues pour s'adapter à la composition et la dimension de l'architecture organisationnelle, et répondre au mieux aux besoins des utilisateurs. La modularisation de l'architecture fonctionnelle des organisations militaires s'accompagne donc d'une réticulation des interfaces de communication facilitant les échanges d'informations, le partage d'une même vision de la situation et la coordination efficace de leurs actions.

Concernant le second point, l'architecture de la nouvelle organisation est caractérisée par des relations qui ne sont plus prédéfinies mais peuvent évoluer rapidement en fonction de l'évolution de la situation. Plus précisément, les composants de l'architecture organisationnelle sont faiblement couplés, mais le degré d'intégration informationnelle qui caractérise leurs relations peut rapidement augmenter si l'évolution de la situation l'exige. Le degré d'interdépendance informationnelle entre les composantes de l'architecture organisationnelle peut donc varier dans des proportions qui ne sont plus marginales ou limitées. De plus, ces variations peuvent concerner autant les communications verticales impliquant des composants de niveaux hiérarchiques différents, qu'horizontales entre composants de mêmes niveaux. Les interfaces de communication permettent d'adapter les taux d'interaction ainsi que la qualité des communications à la fois horizontales (décentralisation et partage de l'information) et verticales (micro management et centralisation de l'information). Dès lors, si les propriétés de l'architecture de l'organisation

sont relativement stables (forte interdépendance fonctionnelle entre composants autonomes), celles des interfaces de communication apparaissent plus flexibles.

Ces propriétés fonctionnelles et informationnelles du nouveau design des forces de l'OTAN leurs permettent de délivrer un service innovant en matière de planification, de commandement et de conduite des opérations aériennes en environnement international. La transformation de ses propriétés structurelle et cognitive permet aux forces de l'OTAN de modifier la proposition de valeur associée au service qu'elles délivrent à leurs « clients » (ici, le client est politique). Le design organisationnel apparaît alors comme une composante essentielle de la capacité d'innovation de l'organisation, considérée comme une modalité d'adaptation et de conduite du changement. La section suivante explore les différentes composantes de la capacité d'innovation, cette fois appliquée à l'innovation technologique et de produit.

## ***II. LA CONDUITE DU CHANGEMENT COMME CAPACITE D'INNOVATION***

L'adaptation et la conduite du changement à l'échelle de l'organisation nécessite également de savoir inventer et commercialiser de nouvelles technologies et de nouveaux produits. Parce qu'il relève de l'invention et de la commercialisation de nouvelles idées (cf. Encadré J), le processus d'innovation suppose la maîtrise de certains processus, en particulier celles visant à concevoir de nouvelles connaissances, à organiser leur intégration dans de nouveaux produits ou services, et à les commercialiser selon des modalités permettant d'en tirer des revenus et de générer de la valeur pour les parties prenantes de l'innovation.

### **Encadré J.** La décomposition du processus d'innovation.

Selon Arthur (2005), la phase d'invention peut être décomposée en trois étapes constitutives d'un processus d'apprentissage par expérimentation. Les trois étapes sont l'idéation, la conception, et la traduction de connaissances. Il s'agit lors de l'étape d'idéation d'identifier une opportunité économique générée par l'application d'un (ou plusieurs) principe(s) de base en lien avec la satisfaction d'un besoin réel ou potentiel (Arthur 2007, p. 279). Cette opportunité économique peut également résulter d'une découverte scientifique et technique en lien avec des applications industrielles et commerciales réelles, latentes ou potentielles. Cette étape s'accompagne ensuite de la recherche des moyens permettant de satisfaire les contraintes qui pèsent sur sa réalisation et de résoudre les problèmes que celle-ci soulève. C'est l'étape de conception. Il s'agit, précise Arthur, de concevoir un chemin reliant les solutions et les contraintes au(x) principe(s) de base. Enfin, pour que le principe ainsi conçu

devienne une invention, il doit être traduit en technologie fonctionnelle. Cette dernière étape dite de traduction qui engage le développement du principe de base, étape au cours de laquelle les connaissances sont accumulées et les défis technologiques sont progressivement relevés jusqu'à produire une technologie fonctionnelle. La seconde phase du processus d'innovation concerne la définition d'un régime d'appropriation de la valeur générée par la commercialisation de l'innovation. La finalité de cette phase consiste notamment à sélectionner puis à combiner les canaux de distribution de l'innovation, en incluant les besoins des clients, la chaîne de valeur de l'innovation, le réseau de partenaires impliqués dans l'exploitation de l'innovation, et à choisir un régime juridique de protection de la propriété intellectuelle et d'allocation des droits d'appropriation de la valeur issue de la commercialisation de l'innovation entre les parties prenantes (Teece 1986).

La capacité d'innovation d'une organisation vise à transformer ses ressources matérielles et immatérielles, en vue de renouveler et d'élargir son potentiel de création de valeur. Dans cette perspective, Burgelman et al. (2004) considèrent plus particulièrement que la capacité d'innovation d'une entreprise se décompose en une compétence de conception (i.e., anticipation, planification et allocation) et une compétence de réalisation (i.e., organisation et commercialisation). Innover requiert alors d'être capable de concevoir un nouveau produit ou une nouvelle technologie répondant à un besoin ou à une demande nouvelle (capacité de conception ; Ulrich 1995), mais également de savoir déployer la forme organisationnelle la plus efficace en vue de développer et d'exploiter commercialement l'invention (Sanchez et Mahoney 1996). Ici, la complexité croissante des innovations technologiques (cf. Encadré K) suppose de mobiliser et d'intégrer une variété de connaissances internes et externes (Cohen et Levinthal 1990), elles mêmes détenues par les nombreuses parties prenantes au processus innovant. De plus, l'entreprise innovante doit à chaque étape du processus obtenir les financements adaptés au degré de maturation de la nouvelle technologie, du produit ou du service qu'elle développe avant de l'exploiter (Gompers et Lerner 2001). Enfin, l'entreprise doit trouver les moyens de rentabiliser l'investissement innovant en choisissant le régime d'appropriation le plus efficace en vue d'exploiter commercialement l'innovation (Teece 1986).

**Encadré K.** Complexité et innovation technologique : l'exemple du nEUROn.

Le nEUROn est un projet européen de développement d'un démonstrateur technologique pour un véhicule de combat aérien non piloté. Officiellement lancé en 2003 par le ministre

français de la Défense, l'objectif politique du programme est de promouvoir une vision pragmatique de la construction d'une Europe de la Défense à travers la réalisation d'un projet technologique impliquant la coopération entre industriels européens, sous la responsabilité d'un maître d'œuvre unique (Dassault Aviation). La maîtrise d'ouvrage est collégiale puisque les pays partenaires ont fait le choix de mutualiser leurs besoins et leurs financements, de partager la charge de travail ainsi que les risques et les bénéfices associés. Les partenaires ont toutefois confié la responsabilité de l'exécution et du suivi du programme à une agence unique : la Délégation Générale pour l'Armement (DGA). Six pays participent au programme : la France, la Suède, l'Italie, l'Espagne, la Grèce et la Suisse. Des entreprises de chaque pays -Saab (Suède), Alenia Aermacchi (Italie), EADS-CASA (Espagne), Hellenic Aerospace Industry (HAI, Grèce) et RUAG (Suisse)- contribuent au programme en tant que sous traitants de premier niveau, sous la responsabilité de Dassault Aviation (France) qui assume seul la responsabilité de l'intégration du système en relation étroite avec la DGA. L'agence gouvernementale française apporte ses capacités logistiques et ses compétences d'expert en matière de développement de projets industriels complexes. Le premier défi soulevé par le développement du nEUROn est de nature organisationnelle. Les enjeux en matière de design organisationnel et industriel sont donc cruciaux. Dans le cas du programme nEUROn, la distribution des tâches entre le maître d'œuvre et les industriels de premier niveau reflète la décomposition de l'architecture du drone en composants autonomes. L'architecture du système de drone compte cinq composants principaux : (i) les technologies d'information et de communication (TIC), (ii) les technologies électronique et de guidage, (iii) la cellule (avionique), (iv) la voilure et (v) le fuselage. Compte tenu de la décomposition du système, la décision de la DGA et de Dassault en matière de design organisationnel a été d'asseoir le projet nEUROn sur une architecture décomposée impliquant la collaboration entre une variété d'acteurs industriels européens sélectionnés en fonction de leur nationalité et de leurs compétences. Dans le modèle d'organisation modulaire adopté, Dassault Aviation assure la conception du démonstrateur, du système de vol, l'assemblage et les essais statiques comme en vol. Thalès produit la liaison de données tactique ainsi que l'interface avec le commandement. Alenia développe les systèmes électriques, et est responsable du système de tir à partir d'une soute interne. Saab contribue à la conception générale de la cellule avion, incluant le fuselage, l'avionique et le système carburant. EADS-CASA développe la voilure ainsi que la station de contrôle au sol, et réalise l'intégration de la liaison de données fournie par Thalès. HAI réalise le fuselage arrière, les tuyères furtives et le banc d'essai. RUAG

fournit la soufflerie et le dispositif d'emport d'armements. Enfin d'autres fournisseurs sont impliqués tel que Messier-Dowty qui fournit les trains d'atterrissage.

J'ai étudié les propriétés des capacités d'innovation des organisations à travers une série d'études de cas portant sur des projets innovants développés dans les industries aérospatiales et de défense et des TIC (i.e., OneSAF, nEUROn, TSR-2, ARPANET). J'ai choisi de ne présenter dans ce chapitre que les résultats et les implications de l'étude du cas ARPANET, projet conduit par l'agence américaine ARPA (*U.S. Advanced Research Project Agency*) dans les années 1960. Ce projet avait pour ambition de développer le premier réseau de communication distribué et de partage de ressources informatiques entre ordinateurs distants (cf. Encadré L pour une présentation de la méthodologie de l'étude). Le contexte du projet est présenté dans l'annexe 8.

Les résultats de l'étude montrent que le projet est avant tout un projet de recherche exploratoire dont la finalité est de démontrer la pertinence des théories de la communication et du partage des ressources entre ordinateurs géographiquement séparés (*packet switching theory*). Il a nécessité la conception et le déploiement d'une forme organisationnelle capable de résoudre une variété de problèmes scientifiques et technologiques. Sur le plan structurel, plusieurs catégories d'acteurs ont ainsi été sélectionnées et mises en relation au sein du projet, sous l'autorité de l'*Information Processing Techniques Office* (IPTO) de l'ARPA. Quatre catégories d'acteurs sont plus particulièrement mobilisés<sup>18</sup> : des communautés de chercheurs (e.g., UCLA, SRI), des entreprises de R&D (e.g., BBN, NAC), de grandes compagnies industrielles et commerciales (e.g., Bell, AT&T) et un ensemble d'agences gouvernementales offrant des services spécialisés (e.g., IPTO, RML, DSS-W). La forme organisationnelle collaborative déployée est alors composée d'une variété d'organisations de taille et de statut différents, organisée autour de l'agence ARPA et de son bureau IPTO. Dans ce cadre, les agences gouvernementales, civiles et militaires, sont chargées de contrôler le développement du réseau tout en incarnant une partie significative des utilisateurs du réseau ; les communautés de chercheurs assurent son développement, codifient les savoirs associés aux usages du réseau, et accélèrent sa diffusion ; les entreprises de R&D fournissent des composants et des services critiques ; enfin, les firmes commerciales du secteur des télécommunications mettent à disposition l'infrastructure physique du futur réseau.

---

<sup>18</sup> Cf. Annexe 8.

Parallèlement à l'établissement d'une structure fonctionnelle et relationnelle entre ces quatre catégories d'acteurs, un petit groupe d'individus très actifs a été réuni par le directeur de l'IPTO afin de résoudre les principaux problèmes techniques et de codifier la connaissance requise pour se connecter et utiliser le réseau. Ce groupe, composé de représentants de l'IPTO, des centres de recherche et des entreprises de R&D et appelé le *Network Working Group* (NWG), a pour ambition initiale de promouvoir des discussions informelles entre chercheurs dans le but d'affiner la moindre intuition, suggestion ou critique susceptibles de faciliter le développement et l'usage du réseau. Fondé sur les valeurs d'ouverture d'esprit et de pensée critique, le groupe encourage ainsi la participation des utilisateurs et des développeurs aux tâches de formulation et de résolution des problèmes, et de partage des bonnes pratiques<sup>19</sup>. Le NWG émerge ainsi de la répétition de rencontres informelles entre membres de la communauté des informaticiens engagés dans une activité de recensement des questions de recherche qui leur apparaissent essentielles au regard du développement d'un concept robuste de réseau de communication. Les propriétés cognitives de la forme organisationnelle déployée (i.e. connaissances architecturales et de composants) sont ainsi générées, appliquées et diffusées par une communauté d'individus dont il apparaît qu'ils sont à la fois les principaux utilisateurs et développeurs du réseau.

**Encadré L. Méthodologie de l'étude de cas ARPANET.**

La méthodologie adoptée consiste en une étude de cas historique dont le but est de comprendre, à travers la reconstruction de son histoire, la nature de la capacité d'innovation déployée par les acteurs du projet ARPANET. Trois sources de données secondaires ont été exploitées : des ouvrages détaillant l'histoire du programme ; des publications académiques dans les domaines des réseaux de communication et du management de l'innovation ; des archives ouvertes proposant un ensemble de documents originaux (institutionnels et/ou scientifiques) relatifs au projet ainsi que des transcriptions d'entretiens menés auprès d'acteurs clefs du projet par des journalistes spécialisés et des historiens des sciences et

---

<sup>19</sup> Avec l'augmentation du nombre d'ordinateurs communiquant via le réseau, les problèmes liés aux protocoles ont peu à peu gagné en complexité et nécessité un effort de standardisation. Il est rapidement devenu indispensable de définir des standards génériques afin de réduire au minimum les coûts d'accès au réseau. Le *Network Working Group* (NWG) a donc progressivement spécifié les protocoles techniques et codifié les standards de communication *host-to-host*. Les notes produites par le NWG ont commencé à circuler à l'ensemble des participants. Leur édition a ensuite donné naissance à la référence principale en matière de documentation ARPANET appelée les "Request for Comments" (RFC). Les notes RFC ont largement facilité la diffusion et l'adoption du réseau.

techniques. L'analyse de la littérature portant sur l'histoire du projet ARPANET (première source de données) a permis d'obtenir une description riche et circonstanciée de l'industrie naissante des réseaux de communication. Dans les années 1960, cette industrie est encore embryonnaire et peut être définie comme un système sociotechnique composé de diverses organisations privées et publiques de recherche et de R&D composées de scientifiques et d'ingénieurs de haut niveau qui collaborent, échangent des connaissances et participent à des projets sous la responsabilité d'agences gouvernementales qui, souvent, sont liées au Département de la Défense américain. L'étude des publications académiques dans le domaine des sciences et technologies de communication en réseau et du management de l'innovation (deuxième source de données) a permis d'identifier les inventions majeures dans le domaine des architectures et des composants (*e.g.*, protocoles et interfaces, routage et formatage des données etc.). Les travaux académiques dans le domaine du management de l'innovation ont permis d'accéder aux arguments théoriques développés par les auteurs s'intéressant au management des innovations dans les industries informatique et télécommunications. Finalement, les archives (troisième source de données) ont été très précieuses dans la mesure où elles ont permis d'accéder à des documents et des rapports originaux ainsi qu'à des interviews d'acteurs clefs du projet (*e.g.*, le responsable du projet Lawrence Roberts interviewé en 1994). Cette dernière source, notamment les archives d'INTERNET disponible en ligne (<http://www.archive.org>), offre des informations utiles à propos des capacités, des responsabilités et des difficultés rencontrées par les différents groupes d'acteurs participant au projet.

L'analyse des relations entre les différentes parties prenantes au projet ARPANET révèle également que la gouvernance mise en œuvre par l'agence américaine reposait sur une combinaison de liens contractuels formels et de relations interpersonnelles informelles. L'établissement d'arrangements contractuels entre les différentes organisations participantes au projet est en effet renforcé par l'existence de relations interpersonnelles entre des individus qui, pour la plupart, partagent une culture et des valeurs communes. Cet alignement des relations contractuelles et interpersonnelles a facilité le déploiement d'un modèle de gouvernance adapté aux enjeux soulevés par les multiples défis scientifiques et techniques qui accompagnent le développement d'ARPANET. Apparaît alors un modèle de gouvernance original qui associe (i) autorité formelle du leader et (ii) légitimité informelle basée sur la

reconnaissance des pairs, chaque participant apportant à la communauté des compétences spécifiques<sup>20</sup>.

### **III. ENSEIGNEMENTS**

La gestion du changement est un enjeu majeur pour les entreprises et les administrations. Désignant une transformation des caractéristiques de l'organisation (Soparnot, 2013), en particulier ses capacités, sa stratégie, ainsi que les normes sociales et les valeurs culturelles partagées par ses membres (Cummings et O'Connell, 1978 ; Daft, 1978), le changement organisationnel peut être radical ou continu en fonction de l'échelle, de la vitesse et de la profondeur des ajustements qu'il induit (Malhotra et Hinings 2015). Il peut porter sur une modification des pratiques managériales, de la structure des rôles ou des concepts marketing de l'organisation (Battisti et Stoneman, 2010). Il peut enfin se traduire par l'introduction d'un nouveau modèle d'organisation du travail, la création d'une nouvelle unité (e.g. département, filiale), ou le renouvellement des modes de management des relations externes ou des ressources humaines de l'entreprise (Hwang 2004). En modifiant leurs modes de conception et de distribution des tâches, d'assignation des rôles et des responsabilités et de coordination des décisions et des activités, les organisations cherchent à améliorer leurs façons de produire des biens et des services tout en maintenant un haut niveau de fiabilité structurelle et de continuité d'action.

Ce chapitre a traité du rôle des capacités d'innovation des organisations dans un contexte de conduite du changement. Il suggère que les organisations peuvent conduire le changement, d'une part, en déployant des formes organisationnelles innovantes et, d'autre part, en inventant et en commercialisant de nouvelles idées. Les résultats de nos études de cas indiquent que la capacité d'innovation repose sur trois catégories de compétences qui, ensemble, offrent aux organisations les moyens de s'adapter et de conduire le changement. Ces compétences sont (i) le design d'une forme organisationnelle adaptée aux caractéristiques du projet d'innovation ; (ii) le déploiement des outils sociotechniques permettant aux acteurs de créer et de partager les connaissances ; (iii) la mise en place des conditions favorables à la

---

<sup>20</sup> Ce modèle de gouvernance, parfaitement adapté aux enjeux soulevés par les phases initiales du projet, a ensuite muté vers davantage de centralisation et de contrôle administratif afin de tenir compte des besoins liés à l'extension du réseau et au développement de ses applications commerciales. Dès 1971, deux ans seulement après le lancement officiel du projet, les autorités américaines envisageaient déjà différentes alternatives en vue de transférer les actifs et les ressources du réseau ARPANET. Parmi ces alternatives, deux ont été particulièrement étudiées : la vente du réseau à un exploitant privé (une compagnie commerciale de télécommunication) et la création d'une structure publique en charge de la gestion des opérations courante et du développement du réseau.

confiance mutuelle et à l'émergence d'une culture propice à la mise en œuvre de mécanismes de gouvernance adaptés aux différentes étapes du processus d'innovation. Le tableau H présente ces trois catégories de compétences qui composent la capacité d'innovation de l'organisation.

<i>Compétences</i>	<i>Définition</i>
Design organisationnel	Aptitude à sélectionner des ressources (individus, technologie, communautés, partenaires) distribuées, à établir des relations formelles et informelles entre elles, et à exploiter les complémentarités (cf. Chapitre 4, Section 1).
Gestion des connaissances	Aptitude à utiliser les artefacts sociotechniques d'intermédiation qui permettent de générer, codifier, stocker, absorber, appliquer, accéder, communiquer et valoriser des connaissances.
Gouvernance adaptative	Aptitude à déployer les systèmes d'incitation, les structures de reportage et les mécanismes de gouvernance adaptés et de les faire évoluer lors des différentes étapes du processus d'innovation.

**Tableau H.** Typologie des compétences constitutive de la capacité d'innovation de l'organisation.

Le chapitre suivant (chapitre 5) prolonge l'analyse des processus d'apprentissage et d'innovation en situant l'argumentation à l'échelle inter-organisationnelle. Les chercheurs ont en effet montré que la capacité des firmes d'inventer et de commercialiser de nouveaux biens et services dépendait de leur aptitude à mobiliser, combiner et intégrer un ensemble hétérogène de ressources distribuées à l'intérieur comme à l'extérieur de leurs frontières. Dans ce cadre, on observe l'émergence de nouvelles formes organisationnelles qui exploitent les vertus de l'ouverture et de la collaboration et permettent aux organisations de créer de la valeur à travers la production et la commercialisation de biens et de services innovants. Parmi ces nouvelles formes organisationnelles, les écosystèmes d'affaires ont fait l'objet d'une attention particulière. En creux, c'est la question de l'évolution industrielle et du cycle de vie des écosystèmes innovants qui est posée.



## CHAPITRE 5. NAISSANCE DES ECOSYSTEMES D’AFFAIRES ET EVOLUTION DES INDUSTRIES<sup>21</sup>

**RESUME.** Le chapitre 5 du mémoire aborde la question de l’adaptation et de la conduite du changement à l’échelle inter-organisationnelle. Comment naissent les écosystèmes d’affaires ? Quelles forces dirigent l’émergence de nouvelles industries ? Pour répondre à ces questions, j’ai exploré deux pistes de recherche. La première considère que la naissance d’un écosystème innovant est le fruit d’un processus d’apprentissage collectif relevant de la génération, de l’application et de la valorisation d’une variété de connaissances. Dans cette optique, j’ai développé plusieurs études de cas portant sur la naissance d’écosystèmes-plateforme dans les industries des TIC. La seconde piste considère la phase spécifique de la naissance d’une nouvelle industrie comme le résultat de la rencontre d’un ensemble de motivations exprimées par les acteurs de la demande avec une technologie nouvelle. Cette hypothèse m’a conduit à revisiter le concept traditionnel de cycle de vie des industries en considérant le rôle majeur du contexte organisationnel et institutionnel et de son influence sur les motivations exprimées par les acteurs.

Liste des travaux de Pierre BARBAROUX utilisés pour rédiger le chapitre 5
[1] <i>Knowledge Management and Innovation: Interaction, Collaboration, and Openness</i> . ISTE publishing, 2016. 130 pages. Co-auteurs : Amel Attour et Eric Schenk
[2] « Naissance des écosystèmes d’affaires : une articulation des compétences intra et inter-organisationnelles », <i>Gestion 2000</i> , 2016/4, juillet-août, pp. 59-76. Co-auteur : Amel Attour.
[3] "The role of knowledge processes in a business ecosystem's lifecycle". <i>Journal of the Knowledge Economy</i> , 2016, DOI 10.1007/s13132-016-0395-3. Co-auteur : Amel Attour.
[4] "The metamorphosis of the world space economy: Investigating global trends and national differences among major space Nations' market structure". <i>Journal of Innovation Economics &amp; Management</i> , 2016/2, n°20, pp. 9-35.

<sup>21</sup> Ce chapitre s’appuie sur une série de travaux consacrés, d’une part, à l’analyse des différentes phases du cycle de vie des écosystèmes d’affaires et des industries. Ces travaux ont été réalisés en collaboration avec Amel Attour (Maître de Conférences à l’Université de Nice Sophia Antipolis). L’étude de l’histoire de l’industrie spatiale est le fruit d’une collaboration avec Victor Dos Santos Paulino (Professeur à la Toulouse Business School).

- [5] "Architectural knowledge and the birth of a platform ecosystem: A case study". *Journal of Innovation Economics & Management*. 2016/1, n°19, pp. 11-30. Co-auteur : Amel Attour.
- [6] « Rupture technologique et naissance d'un écosystème : voyage aux origines de l'Internet ». *Revue d'Economie Industrielle*, 2014,146/2, p. 27-59.
- [7] « Le rôle de la Défense dans l'émergence d'une nouvelle industrie : le cas de l'industrie spatiale ». *Revue d'Economie et de Management de l'Innovation*, 2013/3, n°42, pp. 39-58. Co-auteur : Victor Dos Santos Paulino.
- [8] « Le rôle des processus de connaissances dans le cycle de vie d'un écosystème d'affaires », 6ème rencontre du Groupe de recherche thématique "Innovation" - Association Internationale de management Stratégique (AIMS). Strasbourg, 17-18 septembre 2015. Co-auteur : Amel Attour.
- [9]. « Firmes, capacités et modalités d'innovation ». In B. Laperche (Ed.), *Principes d'Economie de l'Innovation*, Peter Lang, 2014. 15 pages.

## INTRODUCTION

L'émergence d'une nouvelle industrie est un phénomène relativement peu exploré dans la littérature sur le changement technologique et l'évolution industrielle (Aldrich et Fiol 1994 ; Forbes et Kirsch 2011). Les approches qui traitent de l'évolution des industries, notamment la théorie du cycle de vie des industries (Abernathy et Utterback 1978), abordent la dynamique industrielle en étudiant les changements technologiques et les modifications de la structure industrielle *tout au long* de la vie de l'industrie, de sa naissance jusqu'à son déclin (Klepper et Graddy 1990). Dans le même ordre d'idées, la théorie de l'écologie organisationnelle (Hannan et Freeman 1977) traite la question de la dynamique industrielle sous l'angle de l'évolution du nombre et de la taille des firmes au cours du développement de l'industrie (Peltoniemi 2011) sans considérer la période d'émergence comme un objet d'étude autonome (Nygaard 2008).

Si ces théories permettent de décomposer le processus de développement de l'industrie en phases distinctes (naissance, croissance, maturité et déclin) et de leurs associer certains faits stylisés (e.g., taux de croissance du nombre firmes, distribution de la taille des firmes, régimes technologique et d'innovation), rares sont les auteurs qui proposent une analyse spécifique de la phase d'émergence de l'industrie. Selon Forbes et Kirsch (2011, p. 589), « *les industries émergentes sont difficiles à étudier parce qu'il est souvent malaisé d'identifier les industries émergentes avant qu'elles ne soient devenues matures* ». Il est non seulement délicat d'identifier précisément la séquence temporelle correspondant à la phase d'émergence de l'industrie, mais de nombreuses industries disparaissent avant d'avoir crues, rendant le phénomène d'émergence difficile à étudier empiriquement et théoriquement (Forbes et Kirsch, 2011). Pour Nelson (1995, p. 173), « *lorsqu'une nouvelle technologie voit le jour, l'incertitude liée à la variété des variantes technologiques est si grande qu'elle rend impossible de prédire laquelle s'avérera un succès. Les différentes variantes sont éprouvées et, après une période de temps et de concurrence, l'une des variantes va progressivement dominer, absorbant l'attention et les ressources disponibles au détriment des variantes concurrentes* ».

Nous avons proposé dans une série de travaux de recherche d'examiner la phase de naissance d'une nouvelle industrie à travers plusieurs études de cas. Nous avons commencé par étudier

l'histoire de l'industrie spatiale de 1957 à 2013<sup>22</sup>. L'une des raisons de ce choix est que les prédictions des modèles de cycle de vie utilisés dans la littérature ne sont pas observables dans le cas de l'industrie des satellites. Contrairement à d'autres industries emblématiques du vingtième siècle (e.g., énergie électrique, automobile, aéronautique, télécommunication, électronique, informatique), le rôle joué par les entrepreneurs individuels lors de la phase d'émergence de l'industrie spatiale apparaît marginal. Dès l'origine, l'exploration spatiale est une affaire politique et militaire, autant que scientifique et technique, nécessitant de lourds investissements que seuls les États peuvent consentir. Il n'est alors pas étonnant de constater l'implication forte des institutions de Défense (ministère de la Défense, armées) en matière de financement et de conduite des premiers grands programmes spatiaux, les technologies spatiales répondant souvent à des besoins militaires.

Nous avons ensuite analysé la naissance et l'évolution d'une catégorie particulière d'écosystèmes d'affaires : les écosystèmes plateformes de type NFC. Les cas étudiés relèvent d'innovations incrémentales portant sur des plateformes technologiques qui, à la différence des technologies spatiales (satellites, lanceurs), ne sont pas des systèmes de produits complexes ou des quasi-biens publics. A partir des travaux de James Moore (Moore 1993 ; Moore 1996 ; Moore 2006), nous avons alors montré que les activités réalisées durant les différentes phases et étapes du processus d'innovation sont au cœur de la dynamique de naissance des écosystèmes d'affaires. Nous avons plus particulièrement suggéré que la phase de naissance de l'écosystème repose sur un processus d'apprentissage collectif visant le développement de nouvelles connaissances architecturales, d'autres processus de connaissances (e.g., génération, application et valorisation des connaissances) relevant de la mise en œuvre de compétences spécifiques (intra- et inter-organisationnelles) intervenant lors des différentes phases du cycle de vie.

## ***I. LA NAISSANCE D'UNE NOUVELLE INDUSTRIE***

Les théories du cycle de vie de l'industrie (Abernathy et Utterback 1978 ; Klepper et Graddy 1990 ; Audrescht et Feldman 1996) et les travaux s'inscrivant dans le champ de l'écologie

---

<sup>22</sup> Forbes et Kirsch (2011) considèrent que l'adoption d'une méthodologie historique permet de pallier certaines difficultés associées à l'objet d'étude. Les auteurs évoquent la « *brièveté de ces périodes et la rapidité avec laquelle elles surviennent* » qui rendent difficiles la collecte des données primaires et l'exploration de certaines questions théoriques » (Forbes et Kirsch 2011, p. 596). Le choix d'utiliser des archives historiques apparaît alors pertinent dans la mesure où celles-ci ont « *une portée plus large que les données associées à n'importe quelle autre étude. De plus, les archives historiques sont plus facilement accessibles que les bases de données propriétaires habituellement utilisées dans la recherche sur les organisations* » (Forbes et Kirsch 2011, p. 596).

organisationnelle (Hannan et Freeman 1977 ; Hannan et Freeman 1989) sont habituellement mobilisés pour étudier les forces qui gouvernent l'évolution des industries. Ces deux théories s'accordent pour considérer que le processus d'évolution d'une industrie peut être décomposé en phases distinctes. Chaque phase se singularise par un certain nombre de régularités empiriques ou de faits stylisés (Keppeler et Graddy, 1990). Ceux-ci concernent notamment la dynamique d'entrée/sortie des firmes, la distribution de leur taille, le taux de création de nouvelles firmes, ou encore le régime technologique et/ou d'innovation dominant.

### ***I.1. Cycle de vie des industries : spécificités de la phase d'émergence***

La phase d'émergence de l'industrie se caractérise par un petit nombre de firmes installées, un taux élevé d'entrée et de sortie, et un régime d'innovation exploratoire produisant une grande variété de produits et de technologies concurrentes (Hannan 2005). Cette période exploratoire est également marquée par une forte incertitude et un régime technologique entrepreneurial (Winter 1984), les firmes pionnières étant dirigées par des entrepreneurs capables de proposer des solutions techniques aux problèmes posés par le développement d'une technologie ou d'un produit innovant (Hugues, 2004). Durant cette période de variation technologique (Olleros, 1986 ; Anderson et Tushman 1990), les chances de survie des nouveaux entrants sont faibles car « *ils doivent apprendre de nouveaux rôles sans avoir de modèles et établir des liens avec un environnement qui ne les comprend pas ou ne reconnaît pas leur existence* » (Aldrich et Fiol 1994, p. 648). La croissance des firmes est également faible même si leur nombre tend à augmenter progressivement (malgré un taux de survie relativement faible). Audrescht (1991, p. 444) considère ainsi que la phase d'émergence de l'industrie est dominée par un régime technologique de type « *entrepreneurial* » (Winter 1984) dans lequel les opportunités technologiques sont nombreuses, la concentration industrielle faible (Breschi et al. 2000) et le taux d'entrée de nouvelles firmes innovantes élevé (Audrescht et Feldman 1996). Contrairement au régime routinier de développement cumulatif de la technologie durant les phases de croissance et de maturité (Winter 1984), la structure industrielle, la base technologique et l'environnement institutionnel ne sont pas stables durant la phase d'émergence (Nelson 1995). Selon la terminologie utilisée par les théoriciens du cycle de vie de l'industrie (e.g., Abernathy et Utterback 1978, Anderson et Tushman 1990), aucun design dominant n'est apparu.

Cette période de l'émergence d'une nouvelle industrie contraste fortement avec les phases suivantes dites de croissance et de maturité au cours desquelles un design particulier (e.g., une architecture du produit) domine l'industrie. Lorsque l'industrie tend à devenir mature, « *les*

*firmes qui ne produisent pas de variantes du design dominant tendent à quitter l'industrie ou à gagner de petites niches de marché. Avec un design de produit stabilisé, l'apprentissage des firmes installées devient cumulatif et l'entrée sur le marché de moins en moins profitable (...) la consolidation de l'industrie opère et sa structure se concentre peu à peu, la taille des firmes survivantes tendant à croître » (Nelson 1995, p. 175).*

Le tableau I présente les faits stylisés attachés aux différentes phases de développement d'une industrie nouvelle.

	<b>Régime technologique</b>	<b>Régime d'innovation</b>	<b>Incertitude***</b>
<b>Émergence</b>	Entrepreneurial	Exploratoire	Forte
Croissance	Routinier	Cumulatif	Moyenne
Maturité	Routinier	Cumulatif / exploitation	Faible
Déclin	x	x	x

**Tableau I.** Les caractéristiques majeures de l'industrie au cours de son développement (\*\*\*) Incertitude de marché, technologique et institutionnelle)

Trois faits stylisés caractérisent donc la phase d'émergence de la nouvelle industrie : un régime technologique de type entrepreneurial, un régime d'innovation basé sur l'exploration de connaissances nouvelles et une incertitude radicale concernant la viabilité économique et technologique de la nouvelle industrie. Ces différentes caractéristiques appellent selon nous un examen particulier de la dynamique propre à cette phase capitale de l'évolution des industries.

### ***I.2. La phase d'émergence de l'industrie : l'importance des facteurs socio-économiques et institutionnels***

Les théories de l'évolution industrielle proposent une explication du développement industriel qui se veut universel, c'est-à-dire indépendante de l'industrie ou de la technologie considérée. Or, comme le souligne Nelson (1995, p. 175) à propos de l'industrie pharmaceutique, « *il doit certainement y avoir des exceptions. Les entreprises qui ont investi l'industrie pharmaceutique naissante dans les années 1930 et d'après guerre étaient généralement*

*d'anciennes entreprises de l'industrie chimique plutôt que de nouveaux entrants* ». Et l'auteur d'ajouter, « *même si les faits empiriques semblent confirmer la théorie, il est important de reconnaître que d'autres théories peuvent aussi bien expliquer les faits* » (Nelson 1995, p. 175).

Conformément à la position défendue dans ce mémoire, nous suggérons que l'émergence d'une industrie nouvelle est un phénomène complexe, pouvant revêtir de multiples formes selon les contextes socio-économiques et institutionnels. Si des différences peuvent exister en matière de développement d'une même industrie, selon les pays ou les périodes de temps considérés, il est alors important d'en comprendre les raisons et d'élaborer des cadres théoriques adaptés. Prolongeant les théories de l'évolution industrielle, Aldrich et Fiol (1994) proposent de lier les théories de la légitimité organisationnelle et de l'écologie des organisations afin d'explorer l'influence des facteurs autres que techniques sur la naissance et la croissance des industries. Selon eux, l'accès aux ressources indispensables au développement de la nouvelle industrie dépend de la légitimité des acteurs porteurs d'une innovation technologique vis-à-vis des investisseurs, des clients et des pouvoirs publics. Deux formes de légitimité sont alors distinguées : cognitive et sociopolitique. La première dimension concerne la connaissance partagée par les parties prenantes de la nouvelle industrie, des produits qu'elle propose, de leurs fonctions, de leur utilité et de leurs usages ; la seconde désigne le degré « *d'acceptation de la nouvelle industrie par les différents parties prenantes à son développement (e.g., grand public, leaders d'opinion, représentants du gouvernement) au regard de certaines normes sociales et règles juridiques* » (Aldrich et Fiol 1994, p. 648). Pour les théoriciens de l'écologie des organisations (Hannan 2005), ce n'est qu'avec la croissance du nombre de firmes que la légitimité attachée à la nouvelle industrie croît. Aldrich et Fiol (1994) observent toutefois que les deux formes de légitimité peuvent être cultivées par les firmes à travers la mise en œuvre de stratégies visant l'accroissement de la légitimité de la nouvelle industrie, à la fois aux niveaux organisationnel, intra-industriel, inter-industriel et institutionnel<sup>23</sup> (Aldrich et Fiol 1994, p. 649).

L'attention portée aux formes de légitimité conduit ainsi à étudier l'émergence d'une nouvelle industrie en prenant en considération le contexte dans lequel elle survient. Dans cette

---

<sup>23</sup> Au niveau intra-industriel par exemple, la firme peut investir du temps et des ressources afin de promouvoir la convergence vers un design dominant (accroissement de la légitimité cognitive). Voir Aldrich et Fiol (1994, pp. 650-664) pour une description détaillée des stratégies de légitimation que les entreprises peuvent expérimenter afin de promouvoir le développement de la nouvelle industrie.

perspective, Nygaard (2008) explore les mécanismes institutionnels, technologiques et économiques qui favorisent la transition de la phase d'émergence vers la phase de développement de la nouvelle industrie. Ces mécanismes dits de « stabilisation » de l'industrie émergente<sup>24</sup> favorisent l'entrée des firmes nouvelles en réduisant l'incertitude économique, technologique et institutionnelle qui caractérise la phase d'émergence. La mise en œuvre de ces mécanismes, d'une part, facilite la coordination des acteurs (l'auteur utilise le terme d'« *alignement* », Nygaard 2008, p. 77) et, d'autre part, encourage le partage d'une même vision concernant les opportunités offertes par la nouvelle industrie. Ce faisant, la légitimité de la nouvelle industrie (au sens d'Aldrich et Fiol 1994) auprès des investisseurs, des consommateurs et des pouvoirs publics s'en trouve accrue, facilitant en retour l'acceptation de la nouvelle technologie et l'extension du marché.

Parmi les facteurs structurant le contexte dans lequel émerge la nouvelle industrie, Spencer et al. (2005) mettent en évidence le rôle des gouvernements et, plus particulièrement, des structures politiques et institutionnelles nationales en matière de promotion et de soutien au développement des nouvelles industries. Les auteurs montrent ainsi que la configuration politique et institutionnelle d'un pays influence directement le processus d'émergence et de développement de nouvelles industries dans ce pays. Spencer et al. (2005) identifient ainsi quatre structures politiques et institutionnelles typiques des économies capitalistes développées : le corporatisme social, le corporatisme d'état, le pluralisme libéral et l'État nation (Spencer et al. 2005, p. 326). Chaque structure peut être distinguée selon le poids relatif du corporatisme et de l'individualisme en matière d'organisation sociale d'une part, et le poids relatif de l'État et de la société civile en matière de gouvernement d'autre part. Les auteurs montrent ainsi que les structures corporatistes s'accompagnent d'une forme « *d'entrepreneuriat technologique dans laquelle les organisations collaborent et s'adaptent mutuellement tout en se faisant concurrence pour l'obtention de parts de marché* » (Spencer et al. 2005, p. 322). Les structures politiques et institutionnelles corporatistes proposent également « des orientations politiques qui soutiennent la diffusion large des compétences technologiques dans la société » (Spencer et al. 2005, p. 322). A l'inverse, les organisations sociales individualistes (que Spencer et al. 2005 qualifient d'« associatives ») ont

---

<sup>24</sup> Nygaard (2008, p. 75) identifie sept mécanismes de stabilisation : les plate-formes technologiques, les réseaux politiques, les codes et les standards, les modalités internes et externes de R&D, les démonstrateurs technologiques, les réseaux marchands, et l'hybridité des infrastructures. Ces différents mécanismes concernent les multiples dimensions de l'environnement dans lequel émerge la nouvelle industrie : technologique, institutionnelle, économique et cognitive.

tendance à promouvoir « des approches disruptives en matière d'entrepreneuriat technologique dans lesquelles les organisations travaillent isolément avec pour objectif principal de dominer les concurrents » (Spencer et al. 2005, p. 322). Dans ce type de structures, les gouvernements mettent en œuvre des politiques d'inspiration libérales (« laissez-faire »), et, lorsqu'ils ne le font pas, « *promeuvent de grandes missions technologiques capables de fédérer les intérêts disparates du pays autour d'une cause commune* » (Spencer et al. 2005, p. 322). L'émergence d'une industrie nouvelle se manifestera différemment selon la structure politique et institutionnelle du pays.

Il est donc indispensable de prendre en considération l'influence du contexte dans lequel naissent les industries. Le contexte, dans ses multiples dimensions (économiques et technologiques, mais également politiques, institutionnelles et cognitives) conditionne en effet la phase de naissance et de croissance (éventuelle) de la nouvelle industrie. Loin de reposer sur une dynamique universelle, l'émergence (et le développement éventuel) d'une nouvelle industrie suppose de prendre en considération l'influence de nombreux facteurs autres que technico-économiques. C'est cette voie de recherche que nous avons poursuivie dans nos travaux sur l'histoire de l'industrie spatiale (cf. Encadré M pour une présentation de la méthodologie utilisée pour construire l'étude de cas).

**Encadré M. Méthodologie historique : le cas de l'industrie spatiale.**

J'ai étudié la phase d'émergence l'industrie spatiale à partir de l'analyse et la reconstruction de son histoire entre 1957 et 2001 (première étude). J'ai également étudié la structure et l'évolution de l'industrie spatiale au cours de la période 2000-2013 (seconde étude). Une attention particulière au rôle joué par les organisations de Défense en matière de promotion et de légitimation de la nouvelle industrie. Les données collectées pour cet article proviennent de sources ouvertes : données mises en ligne par les agences spatiales nationales et internationales (e.g., NASA, ESA, Roskosmos), par des amateurs (e.g., Claude Lafleur, Jonathan McDowell, Gunter Krebs), ou par des communautés spécialisées (e.g., *Encyclopedia Astronautica* ; *Global Security* ; *Federation of American Scientists*). En fusionnant ces différentes sources, nous avons construit une base de données originale qui fait figurer tous les engins spatiaux (i.e., satellites, sondes spatiales et navettes spatiales ; les lanceurs et les stations-sol sont exclues) lancés au niveau mondial entre 1957 à 2011 pour la première étude (soit 7132 engins), et entre 2000 et 2013 pour la seconde étude (soit 1593 engins). Pour chaque engin spatial, j'ai collecté la date du lancement, le type d'usage (e.g., militaire ou

civil), le domaine d'application (télécommunication, observation de la Terre, etc) ainsi que de nombreuses informations décrivant les caractéristiques de la demande (nom du client, nationalité, type d'usage).

Les résultats de l'étude de cas sont présentés dans l'annexe 9. Nous avons mis en avant deux résultats principaux. Le premier concerne la légitimité de l'industrie spatiale comme variable explicative de son évolution au cours du temps. Le second résultat souligne la diversité des industries spatiales nationales en dépit d'une tendance à l'ouverture des marchés domestiques, à la commercialisation des technologies spatiales et à la civilianisation des usages.

## **II. LE CYCLE DE VIE DES ECOSYSTEMES D'AFFAIRES**

Depuis une trentaine d'années, on observe l'émergence de nouvelles formes d'organisation réticulées comme les écosystèmes d'affaires (Moore 1993), qui reposent sur l'interaction, le partage des connaissances et la combinaison d'actifs tangibles et intangibles entre parties prenantes du processus d'innovation. En dépit d'avancées significatives de la recherche, nous n'avons qu'une connaissance parcellaire de la spécificité des processus de connaissances sous-tendant les différentes phases du développement –notamment la naissance- de ces formes organisationnelles collaboratives et innovantes. Dans cette section, nous proposons d'explorer la dynamique de changement à l'œuvre au sein d'un écosystème d'affaires à travers l'étude des processus de connaissances associés aux différentes phases de son évolution.

Moore (1993, p. 77) considère que le cycle de vie d'un écosystème d'affaires se compose de quatre phases : naissance, expansion, leadership et régénération (ou déclin). La phase de naissance suppose la réalisation d'activités qui relèvent des différentes étapes de la phase d'invention du processus d'innovation. La naissance d'un écosystème d'affaires est ainsi définie comme une période d'« *idéation* » (Moore 1993, p. 76) au cours de laquelle des acteurs « *visionnaires forment un écosystème embryonnaire amené à évoluer et à se renforcer* » (Moore 1996, p. 70). Cette période vise d'abord la mise à l'épreuve d'un concept (« *proof of concept* » ; Moore 2006, p. 55) susceptible d'offrir une alternative aux biens et services existants, ou d'ouvrir un marché nouveau, et de générer de la valeur. Durant la période d'idéation, l'enjeu ne se limite toutefois pas à la description de la valeur pour le client. Elle engage également le développement de compétences dynamiques ('*value chaining*' au sens de Moore, 1996, p.70), permettant de combiner ou de mettre en relation des ressources distribuées. Il s'agit alors d'identifier un espace d'opportunités justifiant la

recombinaison ou la réorganisation des ressources et des compétences des firmes. Le but de la firme et de ses partenaires consiste à se positionner sur un marché plus ou moins structuré selon que les technologies disponibles apparaissent matures ou nécessitent des développements, que les besoins des clients sont réels, latents ou émergents, et que l'environnement réglementaire requière ou pas la production de normes, règles, standards propices au développement de l'écosystème.

Il apparaît que la phase de naissance d'un écosystème est elle-même décomposable en quatre séquences (Moore, 1996, p. 109) : (i) la recherche de nouvelles idées, (ii) l'action et l'expérimentation, (iii) la création de valeur et (iv) la rétroaction. Lors de la première séquence, les acteurs de l'écosystème cherchent à identifier quel avantage concurrentiel construire. Dans la deuxième séquence, les acteurs déterminent une offre primitive et cible une population de clients. Ils ajustent ensuite leur proposition de valeur en élargissant leur architecture de valeur au cours de la troisième séquence. En effet de nouveaux membres sont sollicités pour intégrer l'écosystème afin de disposer des actifs et des processus nécessaires à la mise en œuvre de la proposition de valeur. Enfin, lors de la dernière séquence, les acteurs évaluent les actions passées (analyse réflexive) et regardent vers l'avenir pour anticiper les besoins et se préparer aux phases ultérieures du cycle de vie de l'écosystème (expansion et leadership).

Si les trois premières séquences de la phase de naissance correspondent aux étapes de la phase d'invention du processus d'innovation, les phases d'expansion et de leadership du cycle de vie de l'écosystème engagent la réalisation de tâches et d'activités qui relèvent d'avantage de la phase de commercialisation de l'innovation (cf. encadré K). Au cours de la phase d'expansion en effet, les acteurs mettent en relation leurs ressources et leurs compétences pour former un tout cohérent dont ils cherchent à accroître la valeur et la performance. L'objectif est de travailler avec les fournisseurs et les partenaires en vue de développer les économies d'échelle et d'étendre l'offre commerciale générée par le nouvel écosystème en favorisant la diffusion du concept d'affaires sur lequel il repose (Moore 1993, p. 77-78). Cette phase est en outre caractérisée par des risques de conflits stratégiques entre les parties prenantes de l'écosystème, conflits couramment observés dans le cas des secteurs à hautes technologies (guerre de standards notamment). Pour y faire face, l'identification précoce des problèmes potentiels est primordiale, en particulier lorsqu'un acteur de l'écosystème ne dispose pas des ressources nécessaires lui permettant d'assurer ses engagements, contraignant alors l'écosystème à se restructurer (Moore, 1996, p.73). Stabiliser et atteindre une masse

critique de parties prenantes en vue non seulement d'enrichir la proposition de valeur initiale mais aussi de bloquer l'accès au marché pour des écosystèmes alternatifs ou concurrents, constituent donc les enjeux majeurs de la phase d'expansion. Comment pour la phase de commercialisation de l'innovation, les stratégies d'appropriation des firmes leaders de l'écosystème jouent un rôle déterminant. Ces stratégies peuvent reposer sur des mécanismes légaux (e.g. droits de propriétés intellectuelles, brevets etc.) ou stratégiques, mais leur but est d'assurer la stabilité du modèle d'affaires de l'écosystème (Moore, 1996, p. 103) qui, une fois, atteinte permet aux firmes de développer leurs stratégies de long terme (Nambisan et Baron 2013, p. 1080). Enfin, pour maintenir cette stabilité lors de la phase de régénération, et éviter ainsi le déclin, l'écosystème doit faire l'objet d'améliorations continues et engager de nouveaux processus d'innovation.

Le tableau J présente le cycle de vie d'un écosystème d'affaires considéré comme un processus d'innovation. Il établit une correspondance entre les phases d'invention et de commercialisation de l'innovation d'une part, et les phases du cycle de vie de l'écosystème d'affaires d'autre part.

Processus d'innovation		Cycle de vie d'un écosystème d'affaires	
Phases	Étapes	Phases	Séquences
<i>Invention</i>	Idéation	<i>Naissance</i>	Recherche
	Conception		Action & expérimentation
	Traduction		Création de valeur
<i>Commercialisation</i>	Besoin des clients	<i>Expansion</i> & <i>Leadership</i>	
	Chaîne de valeur		
	Appropriation		
		<i>Régénération</i> ⇒ Nouveau processus d'innovation	

**Tableau J.** Cycle de vie d'un écosystème d'affaires et processus d'innovation

Dans ce cadre, nous avons étudié les processus de connaissances supportant les phases de naissance, d'expansion, de maturité et de régénération d'un écosystème innovant. Pour cela, nous avons développé (avec Amel Attour) une étude de cas portant sur un écosystème de type

plateforme *Near Field Communication* (NFC) : le projet Sophia-Zen (cf., Encadré N pour une présentation de la méthodologie de l'étude de cas). Les résultats de l'étude de cas sont présentés dans l'Annexe 10.

**Encadré N.** Méthodologie de l'étude du cas Sophia-Zen.

A partir d'une étude de cas unique de type exploratoire, nous avons collecté plusieurs catégories de données primaires à travers (i) la participation aux différentes réunions de montage du projet SophiaZen (menées en présentiel, par téléphone ou au cours de visioconférences) et (ii) la participation et la consultation des comptes rendus de réunions auxquelles nous assistions. Cette première source de données primaires (comptabilisant au total 10 réunions et 2 séances de brainstorming) a été complétée par des données secondaires issues des documents techniques mis à la disposition du chercheur par les praticiens. Il s'agit des rapports d'activités du projet, de la collecte d'informations disponibles en ligne sur des projets d'expérimentation similaires auxquels un ou plusieurs acteurs du cas étudié ont également eu l'occasion de participer. L'analyse thématique inductive de ces informations nous ont conduit à identifier à partir du contenu des données primaires six thématiques qui ont à leur tour guidé l'analyse des données primaires et secondaires et l'organisation de la présentation des résultats.

Ces résultats permettent, d'une part, d'identifier les différents processus et types de connaissances mobilisées lors des différentes phases du cycle de vie de l'écosystème Sophia Zen et, d'autre part, de réfléchir à la façon dont ils s'articulent au cours du temps. L'analyse du cas Sophia-Zen met plus particulièrement en évidence trois processus de connaissances : la génération, l'application et la valorisation des connaissances. Ensemble, ces processus permettent d'accomplir les différentes tâches et activités associées aux phases du cycle de vie de l'écosystème d'affaires considéré comme un processus d'innovation (cf. Tableau J). Au-delà de la typologie des processus et des types de connaissances, l'étude de cas offre des éléments de compréhension des modalités d'articulation dans le temps des processus de connaissances.

L'un des enseignements principaux de l'étude est que les processus d'absorption ne sont pas limités aux phases amont du cycle mais interviennent tout au long du cycle. Ces processus d'absorption interviennent en effet à la fois au sein des processus de connaissances (ils facilitent notamment les processus de génération et d'application des connaissances menés au niveau inter-organisationnel) et des processus d'innovation (ils facilitent l'articulation des

phases du cycle de l'écosystème). D'autre part, les résultats de l'étude suggèrent que le développement de l'écosystème suit un processus de transformation des connaissances tacites individuelles et collectives en connaissances explicites collectives. Cette transformation est observée non seulement au cours des différentes phases du cycle de vie de l'écosystème mais elle soutient également la génération l'application des connaissances. Enfin, la gestion des droits de propriétés intellectuelles a guidé la dynamique transformationnelle de l'amont (invention) vers l'aval (commercialisation) du processus d'innovation. Formalisé ici dans le cadre de l'accord de coopération établi en phase amont, la manière dont les DPI associés aux connaissances antérieures et aux connaissances créées lors du processus d'innovation participe également à l'évolution de l'écosystème.

### ***III. ENSEIGNEMENTS***

L'analyse des modalités d'adaptation et de conduite du changement à l'échelle inter-organisationnelle nous a conduit à interroger les processus d'apprentissage et d'innovation qui gouvernent la naissance et le développement des écosystèmes d'affaires et des industries. Les concepts d'écosystèmes et de cycle de vie des industries témoignent de l'intérêt de l'approche évolutionniste pour l'étude du changement.

Dans ce cadre, nous avons souligné l'importance de la légitimité de l'innovation dans ses multiples dimensions cognitive et sociopolitique, légitimité qui conditionne notamment l'expression des motivations des acteurs de l'offre et, surtout, de la demande. Parallèlement, explorant l'hypothèse d'un isomorphisme entre les processus d'innovation et d'évolution des écosystèmes, nous avons proposé de définir le cycle de vie d'un écosystème d'affaires à travers l'identification des processus de connaissances mis en œuvre par les parties prenantes lors des différentes phases de naissance, de croissance et de maturité. Ce faisant, nous avons montré que le changement à l'échelle inter-organisationnelle repose sur un processus d'apprentissage collectif, nécessitant la collaboration entre une variété d'acteurs entretenant des relations formelles et informelles visant la génération, l'application et la valorisation des connaissances, notamment architecturales.

\*\*\*

Les hypothèses et grille de lecture proposées dans les chapitres précédents doivent être considérées comme le résultat d'une recherche visant à améliorer notre compréhension des modalités d'adaptation et de conduite du changement à l'échelle individuelle, intra-organisationnelle et inter-organisationnelle. Des recherches supplémentaires sont évidemment

nécessaires en vue d'évaluer leur validité empirique ainsi que leur pertinence théorique. Le chapitre 6 a justement pour objectif de discuter trois pistes de recherche que je souhaite développer à l'avenir.



## CHAPITRE 6. PISTES DE RECHERCHE

Nous avons supposé dans ce mémoire que l'étude des modalités d'adaptation et de conduite du changement justifiait d'opérer une distinction entre les échelles individuelle, intra-organisationnelle et inter-organisationnelle. Trois pistes de recherche, relevant chacune des différentes échelles du changement, structurent le programme de recherche que nous souhaitons poursuivre à l'avenir à travers l'encadrement de thèses de doctorat.

La première piste consiste à conduire des recherches expérimentales dans le but de discuter la validité empirique des résultats présentés dans le chapitre 1 et obtenus à l'aide de simulations informatiques. Les hypothèses utilisées pour modéliser le comportement d'une population d'agents artificiels en matière d'apprentissage et de coordination sont-elles validées expérimentalement ? Les régularités observées dans le modèle d'économie artificielle présenté dans le premier chapitre du mémoire sont-elles confirmées par la recherche expérimentale sur des sujets humains ? Répondre à ces questions suppose de combiner les méthodologies de recherche de l'économie artificielle et de l'économie expérimentale.

La deuxième piste a pour ambition d'étudier les modalités de conduite du changement à l'échelle organisationnelle en considérant que le facteur déterminant le succès ou l'échec du changement organisationnel dépend de sa légitimité. Dans cette optique, l'hypothèse que nous souhaitons explorer dans nos recherches futures est que la conduite du changement organisationnel relève d'un processus de légitimation. Quelles sont les sources et les types de légitimité attachés au changement ? Quelles stratégies permettent aux organisations de développer la légitimité du changement ? Dans le chapitre 5, j'avais déjà mobilisé le concept de légitimité afin de réfléchir aux spécificités de la phase d'émergence d'une nouvelle industrie. Nous proposons d'étendre l'application du concept de légitimité et d'étudier la conduite du changement comme processus de légitimation.

La troisième piste concerne l'analyse du changement à l'échelle inter-organisationnelle à travers l'exploration des processus d'apprentissage interactifs et d'innovation collaborative. Dans ce cadre, nous estimons que les motivations exprimées par les acteurs, d'avantage que leurs besoins ou leurs préférences, influencent la structure et l'évolution des industries et des écosystèmes d'affaires. Elles sont en quelque sorte les variables endogènes d'un modèle évolutionniste du changement inter-organisationnel.

## ***I. L'APPRENTISSAGE ET LA PRISE DECISION INDIVIDUELS: UN PROJET DE RECHERCHE QUI COMBINE ECONOMIE EXPERIMENTALE ET SYSTEMES MULTI-AGENTS***

Reinhardt Selten et ses collègues du laboratoire d'économie expérimentale de l'Université de Bonn (BonnEconLab) ont étudié la dynamique de coordination d'une population d'individus confrontés à une variante du jeu de la minorité appelé le « jeu du choix de la route » (Selten et al., 2002 ; Chmura et Pitz, 2006 ; Selten et al., 2007). Dans ce jeu de coordination, les joueurs ( $N = 18$ ) doivent, à chaque période de temps, choisir une route parmi deux possibles (notées  $M$  et  $S$ ) afin de se rendre d'un point A à un point B. Etant donnée la structure de récompense du jeu (cf., Selten et al., 2007, p. 396), l'équilibre est atteint si  $2/3$  des sujets choisissent la route principale  $M$  (soit 12 individus) et  $1/3$  la route secondaire  $S$  (soit 6 individus). Selten et al. (2007) montrent alors que la population d'individus ne converge pas vers l'équilibre théorique même si, en moyenne, l'équilibre est atteint (Selten et al., 2007, p. 397). Mettant en évidence l'émergence de deux types de comportement (*direct* et *contrariant*)<sup>25</sup>, les auteurs concluent à la persistance de fluctuations autour de l'équilibre ( $2/3$ ,  $1/3$ ) quelles que soient les configurations informationnelles du jeu et malgré la durée élevée de l'expérience (200 périodes). Ils entreprennent alors d'explorer la signification théorique du comportement observé en reconstruisant le jeu à l'aide de simulations informatiques. Les auteurs utilisent un modèle d'agent artificiel dont le comportement repose sur un algorithme d'apprentissage par renforcement. Les résultats des simulations informatiques confirment les résultats expérimentaux, notamment l'existence de deux types de comportement (direct et contrariant). Face à ces résultats, robustes lorsque les conditions expérimentales changent (i.e. lorsque la qualité de l'information disponible change), les auteurs s'étonnent qu'un simple modèle de renforcement puisse reproduire les données expérimentales (Selten et al., 2007, p. 404).

L'intérêt de cet article est que les auteurs étudient la dynamique du jeu en combinant une approche expérimentale avec une approche artificielle fondée sur la simulation informatique. Ce travail montre que le dialogue entre les sciences expérimentales et les sciences de l'artificiel peut permettre de revisiter certaines hypothèses comportementales en leurs conférant des fondements psychologiques et cognitifs rigoureux, plus en accord avec l'évidence comportementale observée en situation ou en laboratoire.

---

<sup>25</sup> Un comportement « direct » signifie que l'individu change de route lorsque le paiement reçu est négatif. Un comportement « contrariant » consiste pour un agent à changer de route lorsque le paiement reçu est positif, car il anticipe qu'un paiement élevé va attirer d'autres individus sur la route, générant un effet de congestion (Selten et al. 2007, p. 400).

Comme souligné dans le chapitre 1 du présent mémoire, Brian Arthur, alors directeur du programme d'économie de l'institut de Santa Fe proposait dès 1991 aux économistes de « *représenter des agents en utilisant des algorithmes de décision paramétrés, de choisir et de calibrer ces algorithmes afin que le comportement de ces agents corresponde au comportement humain réel observé dans un contexte de décision identique* » (Arthur, 1991, p. 353).

La complémentarité épistémologique des méthodologies de l'économie expérimentale et de la simulation multi-agents offre en effet des ressources supplémentaires en vue d'approfondir notre compréhension des comportements individuels et collectifs. Depuis les travaux pionniers de Chamberlin (1948) et de Smith (1962), les économistes considèrent que la méthode expérimentale peut permettre d'explorer les déterminants du choix rationnel des individus dans des situations économiques archétypiques mais significatives. Les découvertes produites par la recherche en économie expérimentale renouvellent en effet les façons dont les économistes questionnent les fondements du modèle conventionnel de la rationalité<sup>26</sup>. Elles ouvrent également des pistes de réflexion nouvelles en matière de modélisation des comportements rationnels des individus.

A partir de la formulation de questions de recherche communes et de l'alignement des dispositifs expérimentaux, il est possible de combiner les méthodologies expérimentale et artificielle en sciences sociales, notamment en économie (Duffy 2001). Comme le soulignent Klingert et Meyer (2012, p. 67), les méthodes expérimentales et multi-agents partagent des caractéristiques communes favorables à leur utilisation combinée. En particulier, « *elles utilisent toutes deux un environnement artificiel qui a été créé intentionnellement pour traiter certaines questions de recherche spécifiques. Elles permettent aux chercheurs de conduire des expériences précises* ».

---

<sup>26</sup> En étudiant le comportement de sujets réels placés dans des situations d'expérimentation contrôlées, les économistes expérimentalistes ont produit un ensemble de données empiriques permettant de tester les prédictions des théories existantes, d'en discuter les fondements, voire de « *susciter de nouveaux développements théoriques* » (Rullière, 2003, p. 318). Pour illustrations, les chercheurs soulignent notamment l'importance de l'altruisme, de la réciprocité, de la confiance ou encore des effets de réputation en tant qu'éléments structurant les choix rationnels des individus (Rabin, 1993 ; Henrich et al., 2001). Une quantité croissante de travaux insiste également sur l'impact des émotions sur la décision rationnelle, telles la honte, l'anxiété ou la peur, sur les individus (Earl, 1990 ; Rabin, 1998), autant de dispositions psychologiques qui conduisent les individus à ne pas se comporter conformément aux prescriptions du modèle conventionnel de la rationalité (Elster, 1998).

Dans ce cadre, Klingert et Meyer (2012, p. 70) indiquent que la majorité des travaux de recherche qui combinent les méthodologies expérimentale et multi-agents commencent par conduire une expérience en laboratoire avant de la reproduire *in silico* en vue de la valider. Plus rares sont les travaux qui utilisent les systèmes multi-agents en vue de produire des résultats qui serviront d'hypothèses de travail pour une expérience en laboratoire.

J'ai montré, dans une série d'articles coécrits avec Gilles Enée, que les instruments de modélisation développés dans le champ de l'intelligence artificielle (e.g., algorithmes évolutionnistes et systèmes multi-agents) peuvent être mobilisés pour explorer les processus individuels de prise de décision et d'apprentissage ainsi que les dynamiques plus sociales de coopération et de coordination (Tsfatsion, 2002 ; Fontana, 2006). La première piste de recherche que nous souhaitons explorer à l'avenir consiste justement à discuter la validité empirique de notre modèle d'agent artificiel apprenant (AAA) en utilisant la méthode expérimentale. Certains résultats expérimentaux obtenus par d'autres chercheurs (Botazzi et Devetag 2003 ; Chmura et Pitz 2006 ; Botazzi et Devetag 2007) confirment quelques unes des prédictions du jeu de la minorité, en particulier celles concernant la coordination interindividuelle et la nature de l'information utilisée par les individus pour décider<sup>27</sup>.

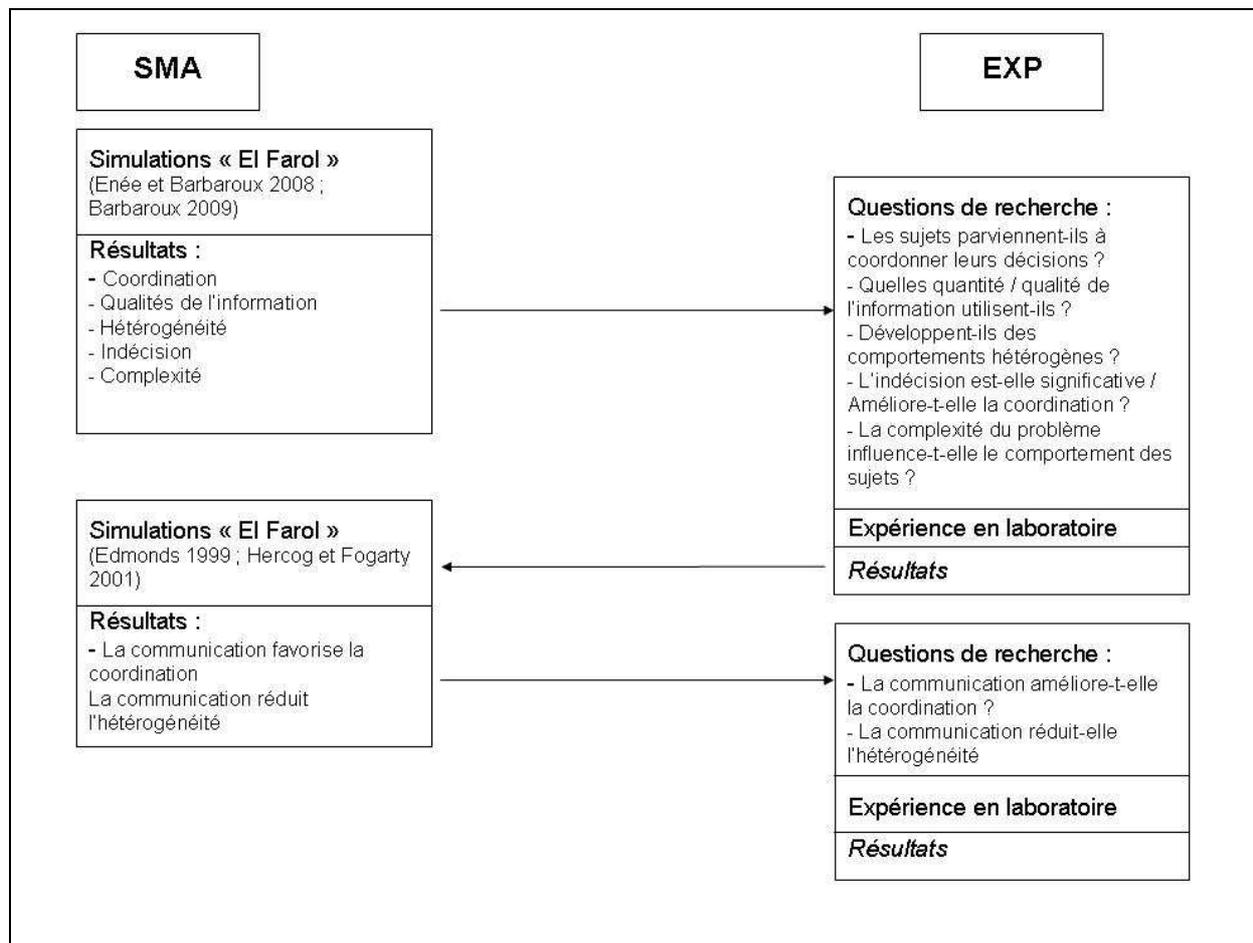
La première expérience que nous souhaitons mettre en œuvre consiste à tester la validité expérimentale des résultats obtenus à l'aide de simulations informatiques du comportement d'apprentissage adaptatif et de coordination d'une population d'agents artificiels apprenant dans le cadre du jeu « El Farol ». Les expériences en laboratoire supportent-elles les données produites à l'aide des simulations informatiques ? Les différences observées à l'échelle microscopique et/ou macroscopique, si elles existent, sont-elles liées à des variables comportementales ou environnementales ?

L'enjeu est ici de nature méthodologique. Il s'agit d'aligner les protocoles expérimentaux et les questions de recherche en vue de permettre la comparaison des données expérimentales avec les données simulées (critère de comparabilité) et de favoriser la validation des résultats (critère de validité). En s'inspirant du cadre méthodologique proposé par Klingert et Meyer (2012), nous proposons de combiner les approches expérimentales et multi-agents en décomposant la démarche de recherche en deux étapes (cf. Figure 3).

---

<sup>27</sup> Dès 2011, dans le cadre d'un cours d'option en Théorie de jeux proposé aux élèves ingénieurs inscrits en dernière année de l'école de l'air, j'avais conçu une expérience qui respecte exactement l'architecture du jeu « El Farol », afin « d'apprécier si l'évidence expérimentale réfute ou non les prédictions théoriques » du modèle (Rullière, 2003, p. 317). Bien qu'ils reposent sur un protocole relativement faible sur le plan méthodologique, les résultats de cette étude expérimentale exploratoire sont encourageants. Ils sont présentés dans l'Annexe 11.

La première étape consiste à utiliser les résultats du modèle d'économie artificielle en tant que données entrantes pour définir le protocole expérimental. Nous utilisons les résultats obtenus à l'aide de simulations informatiques. Nous retenons notamment les résultats relatifs à la coordination, la qualité des informations utilisées par les agents, l'hétérogénéité de leur comportement, le rôle joué par l'indécision et l'influence relative de la complexité cognitive et environnementale sur la capacité d'apprentissage et de résolution des problèmes des agents. Ces résultats orientent la formulation des questions de recherche qui seront traitées dans le cadre d'une expérience conduite en laboratoire avec une population de sujets confrontés au jeu de la minorité.



**Figure 3.** Combinaison des protocoles expérimentaux multi-agents (SMA) et économie expérimentale (EXP) – D'après Klingert et Meyer (2012).

La deuxième étape du projet débute par une revue de la littérature utilisant les systèmes multi-agents pour étudier la coordination asymétrique dans le cadre du modèle El Farol et de ses variantes. Une question fondamentale, peu traitée dans la littérature, concerne le rôle de la communication entre agents. Favorise-t-elle la coordination et la prise de décision ? Permet-

elle de limiter l'hétérogénéité des agents ? Les travaux d'Edmonds (1999) et Hercog et Fogarty (2001) ont montré que la communication entre agents était susceptible d'influencer la capacité des agents à résoudre le problème de coordination asymétrique. Ces résultats peuvent ensuite être utilisés comme données entrantes pour formuler les questions de recherche d'une seconde expérimentation en laboratoire.

Pour conduire ce projet, il est indispensable de disposer d'une plateforme d'expérimentation en laboratoire. Au cours de l'année 2015-2016, j'ai travaillé à la mise en production d'une plateforme expérimentale à l'école de l'air<sup>28</sup>. Cette plateforme utilise la suite logicielle oTree spécialisée dans la conduite d'expériences interactives en laboratoire (Chen et al. 2016). L'objectif est de disposer d'une plateforme robuste et ouverte, permettant de mettre en œuvre la stratégie de recherche présentée dans la figure 3 et qui repose sur des protocoles communs (e.g., questions de recherche, designs expérimentaux, variables dépendantes et indépendantes, standardisation des résultats). Nous avons d'ores-et-déjà développé les deux variantes (avec et sans communication entre les sujets) du jeu expérimental « El Farol ». Au-delà, notre objectif consiste à élargir le périmètre des questions de recherche traitées en modélisant d'autres environnements décisionnels et stratégiques issus de la théorie des jeux et de l'économie expérimentale.

## ***II. LA CONDUITE DU CHANGEMENT TECHNOLOGIQUE ET ORGANISATIONNEL COMME PROCESSUS DE LEGITIMATION***

Quelle qu'en soit la source, le principal défi que les organisations doivent relever pour s'adapter et conduire le changement concerne la gestion des processus individuel et collectif de perception du changement. Au-delà de la diversité des causes et des formes de résistance au changement analysées dans la littérature, celles-ci relèvent toujours d'une dissonance entre les perceptions des agents responsables de la conception, de la planification et de la conduite du changement d'une part, et les perceptions des agents concernés par sa mise en œuvre d'autre part. Ainsi, le changement organisationnel est d'autant mieux accepté par les agents qu'il repose sur la convergence de leurs perceptions concernant sa nature, son intérêt et ses conséquences pour les individus et l'organisation.

Ford et al. (2008) estiment que ce processus de convergence dépend de la façon dont les agents donnent du sens (*sensemaking*) au changement. Il apparaît alors que la gestion du

---

<sup>28</sup> Ce projet est mené en collaboration avec Cyril Camachon, enseignant-chercheur au Centre de recherche de l'armée de l'air.

changement organisationnel est conditionnée par ce que les sociologues des organisations appellent sa *légitimité* (Rocha et Granerud, 2011). La légitimité est en effet définie comme un processus social de convergence des perceptions individuelles et collectives à propos d'une entité et de ses actes, conduisant à un alignement des représentations partagées à propos de cette entité avec un système de normes et de valeurs sociales (Suchman 1995). Fondée sur ce que Droege et al. (2011, p. 101) appellent l'assentiment (*approval*), la légitimité est une ressource cruciale pour les organisations engagées dans un processus de changement organisationnel (Zimmermann et Zeitz 2002). En dépit de son rôle central aux yeux des sociologues des organisations (Ruef et Scott 1998), la recherche portant spécifiquement sur la légitimité du changement organisationnel est encore peu développée.

Dans ce cadre, l'important est de comprendre comment une entité acquiert de la légitimité. Zimmerman et Zeitz (2002, p. 415) identifient quatre stratégies de légitimation : la conformation, la sélection, la manipulation et la création.

1. La conformation consiste, pour l'entité, à suivre les règles imposées par le système social en agissant « *en conformité avec les demandes et les anticipations de la structure sociale existante* » (Zimmerman et Zeitz 2002, p. 422). Il peut apparaître paradoxal pour une entité nouvelle de rechercher dans la conformité à des normes existantes une source de légitimité. Toutefois, la stratégie de conformation peut favoriser la légitimité d'une nouvelle entité en renforçant l'alignement de ses actions avec un environnement social composé de règles, de normes et de valeurs établies.
2. La stratégie de sélection consiste, pour l'entité, à choisir parmi l'ensemble des règles, des normes et des valeurs qui composent son environnement social, celles avec lesquelles elle souhaite apparaître légitime (Zimmerman et Zeitz, 2002, p. 423). Il peut être rationnel pour une nouvelle entité de choisir son périmètre d'activités, ses modes d'action, ou sa localisation géographique en vue de sélectionner un environnement propice à son développement.
3. La stratégie de manipulation suppose une entité capable de « *changer l'environnement* » dans le but de garantir la cohérence entre elle et son environnement (Zimmerman et Zeitz, 2002, p. 424). Il s'agit pour la nouvelle entité de contrôler le processus social d'évaluation de sa légitimité en influant directement sur celui-ci.
4. Enfin, la stratégie de création a pour but d'introduire dans l'environnement une rupture normative, réglementaire, technologique ou culturelle susceptible de transformer

l'environnement dans lequel évolue la nouvelle entité. Il s'agit ici d'une forme d' « *entrepreneuriat institutionnel* » (Zimmerman et Zeitz, 2002, p. 425) favorisant la consonance des perceptions à propos de la nouvelle entité.

Les stratégies de légitimation peuvent être combinées pour faciliter la gestion du changement organisationnel. Il est ainsi possible de sélectionner un environnement (e.g., localisation géographique, définition du périmètre d'activités) propice à la conformation de la nouvelle entité qui incarne le changement avec des règles existantes.

Zimmerman et Zeitz (2002) montrent également que les stratégies de légitimation agissent directement sur l'acquisition et le maintien de différents types et sources de légitimité. S'appuyant sur les travaux de Suchman (1995), les auteurs distinguent trois sources de légitimité : pragmatique, morale et cognitive.

1. La légitimité pragmatique résulte d'un « *calcul rationnel* » de la part des agents appartenant à l'environnement de l'organisation (Suchman, 1995, p. 578). Elle peut être décomposée en trois types. Il peut ainsi être rationnel pour un groupe d'agents de considérer comme légitime une entité dont les actions produisent des résultats (i) qui leurs sont favorables (légitimité d'échange), (ii) qui vont dans le sens des intérêts du groupe (légitimité d'influence), ou (iii) qui sont motivés par des valeurs partagées par le groupe (légitimité de dispositions).
2. La légitimité morale reflète davantage « *une évaluation normative positive de l'organisation et de ses activités* » (Suchman, 1995, p. 579). Aldrich et Fiol (1994) et Zimmerman et Zeitz (2002) qualifient de sociopolitique cette source institutionnelle, normative et réglementaire de la légitimité. Elle peut être de quatre types et résulter d'un jugement social à propos (i) des actes de l'entité (légitimité de conséquences), (ii) des procédures et des techniques qu'elle mobilise pour agir (légitimité procédurale), (iii) de sa capacité –entendue comme un système organisé de procédures- à accomplir certaines actions (légitimité structurelle), et (iv) des qualités individuelles des acteurs qui l'incarnent (légitimité personnelle ; Suchman, 1995, p. 579-581).
3. Enfin, la légitimité cognitive peut être de deux types et relever de la capacité des composantes de l'environnement à comprendre l'entité et ses actes (compréhensibilité), ou à les tenir pour légitimes objectivement (légitimité *de fait* ; Suchman, 1995, p. 582). Aldrich et Fiol (1994), dans leur étude de l'influence de la légitimité sur l'émergence de nouvelles industries, considèrent également que la

légitimité cognitive relève du degré de connaissance partagée par les parties prenantes de la nouvelle industrie et des produits qu'elle propose, de leurs fonctions, de leur utilité et de leurs usages. Cette source repose donc sur la compréhensibilité de l'entité et de ses actes au sens de Suchman (1995).

Si la littérature précédente permet d'identifier les stratégies de légitimation, elle aborde rarement leur traduction en actes de gestion appliqués à la gestion du changement. Zimmermann et Zeitz (2002) reconnaissent eux-mêmes que les stratégies de légitimation identifiées dans leur article ne sont pas empiriquement valides et, plus important pour notre propos, elles ne sont pas spécifiquement applicables à l'analyse de la gestion du changement organisationnel. Par ailleurs, s'ils nous permettent de mieux appréhender les différentes stratégies et composantes de la légitimité (sources, types), les travaux des chercheurs nous informent peu au sujet de l'articulation des stratégies de légitimation d'une part, et de leur impact sur les sources de légitimité d'autre part. En particulier, rares sont les auteurs qui explorent la relation entre la combinaison des stratégies de légitimation et le processus de développement de la légitimité. Or, cela est essentiel pour étudier la gestion du changement organisationnel comme processus de légitimation. Certaines stratégies de légitimation sont-elles plus efficaces que d'autres pour développer telle ou telle source de légitimité ? La combinaison des stratégies de légitimation relève-t-elle d'un ordre ou d'une séquence spécifique (Zimmerman et Zeitz 2002, p. 428) et, éventuellement, s'intègre-t-elle dans un processus de construction de la légitimité ?

Considérant que la gestion du changement organisationnel est conditionnée par sa légitimité, sous toutes ses formes (morale, pragmatique et cognitive), la piste de recherche que j'envisage d'emprunter consiste à étudier, à partir d'études de cas, les stratégies mises en œuvre par les organisations pour développer la légitimité du changement. L'objectif est de mieux comprendre comment le processus de légitimation opère, sur quelles actions il repose et comment ces actions s'articulent pour favoriser la légitimité du changement organisationnel sous toutes ses formes.

L'enjeu principal est ici de construire un cadre théorique avant de l'éprouver empiriquement. Avec Anaïs Gautier (ENSOSP), chercheure associée au Centre de recherche de l'armée de l'air, nous avons mené une étude de cas portant sur la création d'une nouvelle unité au sein de l'armée de l'air canadienne : le *Canadian Forces Aerospace Warfare Centre*. Ce travail a été accepté en 2016 pour publication dans la revue *Management International*. Les résultats principaux de l'étude sont présentés dans l'annexe 12. Dans cet article, nous avons élaboré un

modèle dynamique de construction de la légitimité comme processus de conduite du changement. Le modèle articule différentes stratégies portant chacune sur des sources et des types différents de légitimité. J'envisage de tester la validité du cadre théorique en explorant d'autres études de cas portant sur des organisations engagées dans la mise en œuvre d'un changement organisationnel (le centre de recherche de l'armée de l'air ou le centre d'excellence drone, tous deux situés à Salon de Provence, peuvent être des cas d'étude intéressants). Au-delà, il s'agit d'élaborer un modèle opératoire de gestion du changement organisationnel, utile aux managers et aux chercheurs, et qui repose sur un travail de recherche fondamentale valide empiriquement.

### ***III. LE CYCLE DE VIE DES INDUSTRIES DE SYSTEMES COMPLEXES ET LA DYNAMIQUE DES MOTIVATIONS DES ACTEURS***

La troisième piste consiste à enrichir le cadre théorique présenté dans le chapitre 5. Il s'agit d'étudier la naissance et l'évolution des écosystèmes d'affaires et des industries en considérant, d'une part, qu'elles relèvent de processus collectifs d'apprentissage et d'innovation et, d'autre part, qu'elle repose sur l'expression de motivations individuelles et organisationnelles des acteurs de l'offre et, surtout, de la demande. Dans ce cadre, les motivations des acteurs sont dépendantes du contexte dans lequel elles émergent et sont conditionnées par de nombreux facteurs qui participent de la légitimité du nouvel écosystème ou de la nouvelle industrie.

Dans un article coécrit avec Victor Dos Santos Paulino (TBS), présenté lors d'une conférence académique en 2016, j'ai entrepris d'explorer le rôle des acteurs de la demande sur la structure et l'évolution de l'industrie spatiale. Après avoir défini une typologie des motivations exprimées par les clients utilisateurs de technologies spatiales (e.g., agences spatiales, organisations de défense, organisations publiques et privées de recherche, entreprises commerciales etc.), nous avons étudié l'influence de l'identité du client sur les volumes de lancement d'engins spatiaux ainsi que sur le type d'application de la technologie spatiale. Pour chacune des grandes phases de l'évolution de l'industrie spatiale (cf. chapitre 5), nous avons identifié des profils spécifiques de la demande, chaque profil étant défini comme une configuration particulière d'acteurs de la demande. Tout au long de l'histoire de l'industrie spatiale, nous avons mis en évidence l'existence d'une relation entre les changements du profil de la demande et l'évolution de la structure de l'industrie.

Ce travail de recherche exploratoire a révélé l'ambiguïté de la relation que les clients entretiennent avec les applications de la technologie spatiale. Ainsi, des clients de différents

types peuvent financer et exploiter des technologies de même nature. Un type de client peut également financer et exploiter des applications différentes de la technologie spatiale. Comprendre comment les forces de la demande influencent la structure et l'évolution de l'industrie spatiale suppose donc de dépasser l'étude de la seule correspondance entre la typologie des clients et la typologie des applications technologiques.

L'hypothèse posée dans ce projet de recherche est que ce sont les *motivations* exprimées par les clients qui déterminent la structure et l'évolution de l'industrie spatiale.

Dans ce cadre, l'étude du changement technologique et de l'évolution industrielle à partir de l'exploration des motivations des acteurs de la demande soulève des difficultés d'ordre méthodologique. En particulier, la collecte et le traitement des données posent problème. Comment accéder aux motivations exprimées par les clients ? Comment coder ces motivations ? Comment étudier la relation entre les motivations exprimées par les acteurs de la demande et les volumes de lancement ?

La solution que nous envisageons au problème méthodologique soulevé ci-dessus repose sur trois étapes. La première repose sur une étude historique de l'évolution de l'industrie spatiale selon une méthodologie qualitative fondée sur le recueil et l'analyse de données secondaires. La deuxième étape consiste à quantifier les données qualitatives obtenues à propos des motivations exprimées par les acteurs à l'aide d'un codage binaire. La troisième relève de l'analyse statistique portant sur la relation supposée entre les motivations exprimées et la structure de l'industrie spatiale et son évolution au cours du temps.

1. L'identification des motivations exprimées par les acteurs, notamment de la demande, suppose tout d'abord de conduire une étude historique de l'évolution de l'industrie spatiale, essentiellement à partir de données secondaires. L'étude des monographies historiques ainsi que de l'ensemble des publications disponibles relatives aux politiques des agences spatiales des principales nations spatiales (i.e., USA, Russie, Union Européenne, Chine), aux politiques de défense et de sécurité (e.g., livres blanc) et aux politiques des clients commerciaux, nous a déjà permis d'isoler cinq motivations principales : défense et sécurité, prestige politique, recherche et technologie, profit, retombées macroéconomiques. Ces motivations peuvent être exprimées, avec plus ou moins d'intensité, par les trois catégories d'acteurs (militaires, institutionnels et commerciaux) qui financent le lancement d'engins spatiaux et qui les exploitent. Ce travail de reconstruction de l'histoire de l'industrie nous a également permis d'identifier les événements critiques susceptibles d'influencer la direction de l'évolution de l'industrie et de valider sa décomposition en périodes homogènes (cf. Chapitre 5).

2. Une fois les motivations identifiées, il convient de les « coder ». Nous disposons de données quantitatives portant sur les volumes de lancement par application sur une période allant de 1957 à 2014. Chaque engin spatial lancé peut-être supporté par l'une ou l'autre des motivations exprimées. Plusieurs stratégies de codage des motivations sont envisageables. En adoptant un codage binaire par exemple, nous associons pour chaque engin lancé, la valeur « 1 » aux différentes motivations lorsque celles-ci sont pertinentes. Si la motivation est non pertinente, elle prendra la valeur « 0 ». Nous pouvons également opter pour un codage sous forme d'échelles (e.g., Likert) normalisées afin que la somme des indices soit égale à l'unité. Chaque motivation reçoit alors un indice qui reflète l'intensité avec laquelle elle est exprimée par les clients pour chaque engin lancé. Une fois codées les motivations exprimées lors de chaque lancement, nous pouvons calculer la moyenne des indices associés à chaque motivation pendant la période considérée et définir un profil de la demande pour chaque période comme une configuration particulière des moyennes des motivations exprimées par les clients au cours du temps.

3. Enfin, pour établir l'existence d'une relation statistique entre les motivations exprimées par les clients et la structure de l'industrie ainsi que son évolution au cours du temps, nous proposons de conduire une étude statistique. On cherchera à déterminer le meilleur modèle en vue de tester statistiquement la relation entre les volumes (nombre d'engins et/ou poids des engins) de lancement globaux, par application et par période (le mois, l'année, la décennie) et les indices relevés pour chaque motivation exprimée. Il s'agit également de déterminer si les volumes de lancement, globaux et pour chaque application, sont sensibles statistiquement à des combinaisons de motivations (e.g., défense et sécurité et prestige politique). Ces questions orienteront le choix du modèle économétrique approprié.

Afin de développer plus avant cette piste de recherche, j'envisage d'appliquer le cadre théorique précédent (cycle de vie et profil de la demande) à d'autres industries. L'écosystème des systèmes de drones aériens civils (*remotely piloted aircraft systems*, RPAS) fournit de ce point de vue un cas typique d'industrie émergente. En France, les caractéristiques structurelles de l'écosystème suggèrent en effet que celui-ci serait en phase de naissance. Le régime technologique est en effet de type entrepreneurial. Le régime d'innovation est encore exploratoire, les sources de l'innovation étant plutôt localisée du côté (i) des usages (applications commerciales), (ii) des technologies permettant le respect des règles de navigabilité (intelligence artificielle et certification des algorithmes offrant aux aéronefs la capacité « de voir et d'éviter ») et (iii) de l'intégration des capteurs et des flux d'information

(fusion de données). On observe également une faible standardisation des règles et des normes puisque le régime de régulation est encore embryonnaire, ainsi que des architectures systèmes et des modèles d'affaires favorables à la création et à l'appropriation de la valeur. Enfin, la dynamique des firmes est marquée par un taux élevé d'entrée-sortie sur le marché, les firmes étant en majorité de petite taille (TPE et PME).

Ces caractéristiques, qui correspondent à la phase de naissance d'une nouvelle industrie au sens de la théorie du cycle de vie, ne sont pas celles observées sur le marché des applications militaires des RPAS. En particulier, pour les catégories de systèmes de drones aériens à haute et moyenne altitudes et longue endurance (souvent des aéronefs à voilure fixe et nécessitant un pilotage au-delà du champ visuel), la structure et la dynamique industrielles sont caractéristiques des phases de croissance et de maturité observées dans les industries de systèmes de produits complexes (e.g., industries nucléaire et spatiale). Pour comprendre comment évoluent ces deux écosystèmes, civil et militaire, il est nécessaire d'explorer les interactions entre les motivations exprimées par les acteurs de la demande et la structure de l'offre (e.g., variété des applications de la technologie) ainsi que son évolution au cours du temps.



## REMARQUES CONCLUSIVES

Ce mémoire avait pour ambition de montrer que les modalités mises en œuvre par les individus et les organisations pour s'adapter et conduire le changement dans la complexité relèvent de processus d'apprentissage et d'innovation. Dans cette optique, j'ai supposé que l'apprentissage et l'innovation désignent des processus *de même nature* consistant à générer, à appliquer et à valoriser à collectivement des connaissances. Cette position suggère que les individus, les organisations et, au-delà, l'ensemble des éléments constitutifs de leur environnement forment un système complexe adaptatif dont la survie et le développement reposent sur la capacité d'apprendre et d'innover.

Si nous n'avons pas cherché dans ce mémoire à articuler les échelles individuelle, intra-organisationnelle et inter-organisationnelle dans un modèle intégratif, il reste vrai que la question de l'articulation des échelles microscopique et macroscopique est essentielle. A l'échelle de l'individu, j'ai ainsi montré, d'une part, que les règles « conditions-action » s'articulent pour produire un comportement rationnel adapté de la part de l'individu et, d'autre part, que les décisions individuelles développées par apprentissage génèrent un comportement collectif, interindividuel, coordonné. A l'échelle intra-organisationnelle, j'ai également observé que la dynamique collective relevait de l'agrégation de processus individuels d'apprentissage et de développement de compétences. A l'échelle inter-organisationnelle, enfin, j'ai suggéré que l'évolution des écosystèmes d'affaires et des industries dépend de la capacité des acteurs à articuler leurs capacités et compétences organisationnelles pour générer et exploiter collectivement de la valeur.

Nous espérons que ce mémoire et, à travers lui, les trois pistes de recherche qu'il annonce, contribueront à élargir notre compréhension des modalités d'adaptation et de conduite du changement dans la complexité. Il s'agit d'une étape importante dans mon parcours de recherche puisqu'elle me permettra de diriger les travaux de thèses de candidat(e)s investi(e)s dans l'analyse évolutionniste du changement économique et organisationnel.



## **ANNEXE 1. L'APPRENTISSAGE INDIVIDUEL ET LA COORDINATION DANS LE MODELE EL FAROL**

Nous avons étudié deux versions du modèle « El Farol », l'une statique, l'autre dynamique. Dans la première, le seuil de congestion est égal à 60% de la population et il reste stable tout au long de l'expérience. La question est alors de savoir si une population d'individus capables d'apprendre produit un comportement collectif coordonné et, éventuellement, parvient à résoudre le problème de coordination asymétrique (c'est-à-dire converge vers l'équilibre défini par le seuil de congestion). Dans la seconde version du modèle, le seuil de congestion change à une fréquence donnée. Ainsi, les individus sont confrontés à un environnement décisionnel dynamique et changeant. Dans cette version, Nous avons étudié le comportement de la population d'individus en faisant varier leur structure cognitive (i.e., le nombre de règles et de répertoires) ainsi que le degré de stabilité de l'environnement (i.e. la fréquence de changement de la valeur du seuil de congestion).

### **I. Version statique du modèle El Farol**

Nous avons étudié à l'aide de simulations informatiques le comportement d'une population de 100 individus ( $N = 100$ ) confrontés au problème du « café El Farol ». Le seuil de congestion, noté  $k$ , est fixé à 60. Le comportement d'apprentissage de chaque individu est modélisé par des systèmes classificatoires de « Pittsburgh ». Dans ce cadre, les choix des individus de se rendre (action notée 1) ou de ne pas se rendre (action notée 0) dans le café déterminent l'affluence dans le café à chaque période. Il est alors intéressant d'observer si les individus parviennent à se coordonner autour d'une affluence proche (ou non) du seuil de congestion.

La population d'individus est homogène au sens où tous les individus font face au même environnement décisionnel, et sont soumis au même inconfort en cas de franchissement du seuil de congestion. Il y a néanmoins une hétérogénéité forte au sens où les répertoires de règles qui composent la structure cognitive des individus sont définis de manière aléatoire en début de processus. Les répertoires vont de plus évoluer selon une dynamique d'apprentissage qui produira des résultats différents d'un individu à l'autre. Par conséquent, les choix individuels sont hétérogènes alors même que les individus reçoivent la même information publique (le signal noté  $s$ ), celle-ci étant définie par l'affluence dans le café « El Farol » à la période précédente  $t-1$ .

La fonction de récompense utilisée répond à la logique suivante :

1. Les règles qui activent l'action (1) reçoivent une récompense égale à 1 si l'affluence dans le café est inférieure ou égale au seuil de congestion.
2. Les règles qui activent l'action (0) reçoivent une récompense égale à 1 si l'affluence dans le café est supérieure au seuil de congestion.
3. Dans tous autres cas, la récompense est nulle.

Les paramètres des simulations sont présentés dans le Tableau A1.1.

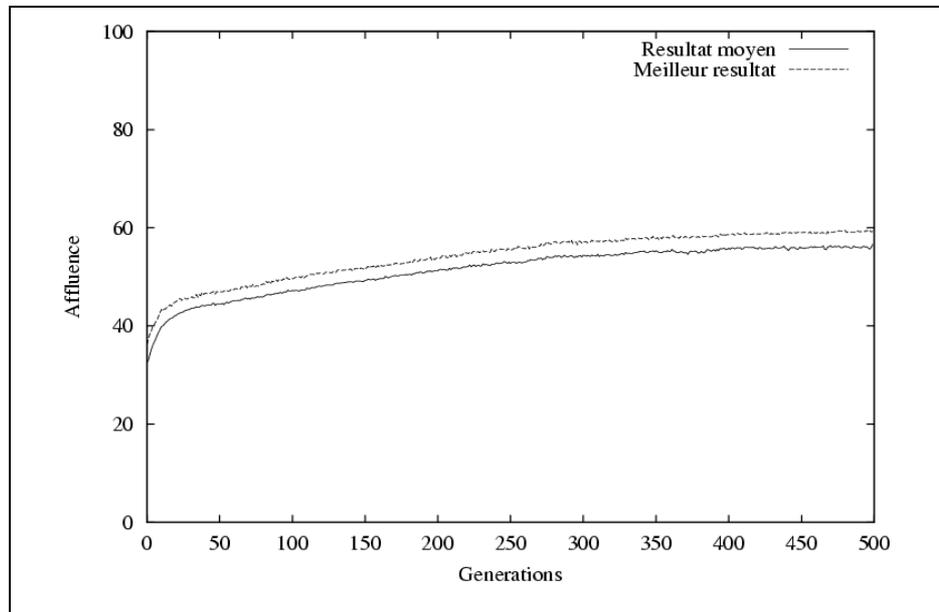
Nombre d'individus [ $N$ ]	100
Probabilité de croisement [ $P_c$ ]	0.7
Probabilité de mutation [ $P_m$ ]	0.001
Probabilité d'avoir un « # »	0.3
Nombre de règles [ $r$ ]	20
Nombre de répertoires [ $l$ ]	10
Nombre d'essais [ $e$ ]	20
Nombre d'expérimentations	30
Nombre de générations [ $Gen$ ]	500
Valeur du seuil [ $k$ ]	60
Sélection des règles	Aléatoire
Mécanisme de sélection	<i>Roulette Wheel</i>

**Tableau A1.1.** Paramètres du modèle statique

Le nombre d'essais  $e$  (égal à 20) permet d'obtenir une mesure de la force de chaque répertoire de règles. Les essais consistent à évaluer la *fitness* de chaque règle, à isoler la règle la plus performante, et à lui attribuer une mesure de force (fonction de récompense) qui qualifie l'ensemble du répertoire. La sélection des règles survient durant la phase d'évaluation lorsque plus d'une règle correspondent au signal (partie condition). Dans ce cas, une règle est choisie de manière aléatoire et est activée. Le processus de sélection aléatoire des règles doit être distingué du mécanisme de sélection des répertoires de règles candidats au croisement et à la mutation (*Roulette Wheel*). Ce dernier mécanisme de sélection correspond à la phase

d'évolution des répertoires de règles grâce à l'application d'un algorithme génétique (croisement, mutation, recombinaison).

Nous avons calculé l'affluence moyenne au cours de 30 expérimentations et isolé l'affluence moyenne ainsi que la meilleure affluence sur toute la durée du processus (soit 500 périodes appelées « générations »). Le résultat est présenté dans la figure A1.1.



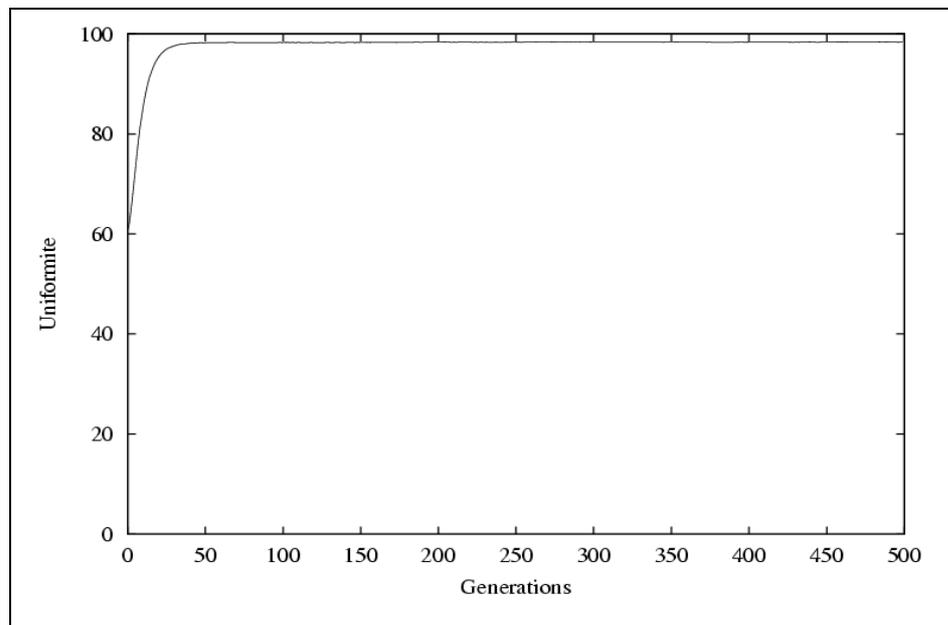
**Figure A1.1.** Coordination dans la version statique du modèle El Farol

Les individus atteignent l'équilibre en utilisant une information minimale à propos de l'environnement. Ici, le processus de convergence est entièrement guidé par les expérimentations des individus et les interactions avec l'environnement. Plus précisément, la population tend à se coordonner autour d'une affluence moyenne égale à 55, finalement très proche de l'équilibre  $k = 60$  (l'affluence est égale à 58 si on isole les meilleurs résultats sur l'ensemble des expérimentations). La coordination n'est donc pas optimale, mais les prédictions du modèle « El Farol » sont vérifiées.

Cette capacité de coordination de la population d'individus est confirmée par certaines études expérimentales menées en laboratoire sur des sujets humains. Ces travaux montrent que des individus confrontés de manière répétée au problème du jeu de la minorité parviennent à coordonner leurs décisions et à gérer efficacement le problème posé par l'existence d'un seuil de congestion. Botazzi et Devetag (2003, p.131) expliquent ainsi que les individus « *n'ont besoin que d'un minimum d'information pour se coordonner* » et atteindre « *un degré de coordination remarquablement élevé* ». La question de l'information requise pour atteindre l'équilibre est également abordée par Platkowski et Ramsza (2003). Les auteurs montrent que

la qualité de l'information publique disponible à propos des états antérieurs du système (qualité variable puisque, dans leur modèle, l'information publique peut être vraie ou fausse) influence les capacités de coordination des individus. En revanche, la quantité d'information, mesurée par la longueur de la mémoire des agents, n'a pas d'influence sur la dynamique comportementale (Platkowski et Ramsza, 2003, p. 732). Cette conclusion est toutefois nuancée par Chmura et Pitz (2006) qui, dans une variante du jeu de la minorité (choix binaire entre deux voies de circulation avec effet de congestion), montrent que la quantité et la qualité de l'information publique ont toutes deux un impact sur les comportements individuel et collectif (sur le taux de fluctuation des décisions individuelles, et sur la valeur des paiements cumulés perçus par les sujets).

En représentant graphiquement l'évolution du contenu des répertoires, on observe une uniformisation de la population de règles durant la phase de transition (Figure A1.2).



**Figure A1.2.** Uniformisation des répertoires et réduction de la dissonance cognitive

L'uniformité est une mesure de la ressemblance moyenne des répertoires. La ressemblance consiste à comparer les règles de même ordre des divers répertoires, i.e. à comparer les *bits* qui composent les règles. Ainsi, lorsqu'un caractère neutre # remplace une valeur binaire, le *bit* est considéré comme similaire à la règle de référence. La figure 4 présente le taux d'uniformité des répertoires. Ce taux avoisine les 98 % en dépit de la grande hétérogénéité des règles « condition-action » générées aléatoirement en début de processus. Il semble que les individus apprennent à n'utiliser qu'un petit nombre de règles adaptées à une large gamme de configurations de l'environnement décisionnel. Seules les règles efficaces (dotées d'une

*fitness* élevée) se diffusent alors d'un répertoire à l'autre (par croisement essentiellement), entraînant une homogénéisation progressive des répertoires.

Ce résultat peut être interprété comme la manifestation d'un processus de réduction de la dissonance cognitive (Festinger 1957 ; Beauvous et Joule 1996). Selon Festinger (1957), les individus sont incités à réduire la dissonance dès lors que le résultat de l'action entreprise suscite un inconfort (psychologique) qui résulte d'une inadaptation au contexte. En ce sens, vouloir réduire la dissonance signifie, pour un individu, vouloir créer une certaine harmonie entre cognitions internes *en agissant*. Dans notre modèle, chaque individu apprend à choisir un petit nombre de règles adaptées à une large gamme de configurations du contexte (valeur du signal  $s$ ). Ce faisant, chaque individu réduit l'inconfort psychologique généré par l'inadéquation de ses actions avec ses perceptions du contexte (l'individu réduit la dissonance). Cette inadéquation se traduit par une récompense nulle attribuée à la règle qui a produit une action inadaptée. Dès lors, le paiement de la règle qui a produit l'action n'entraîne pas de dynamique de renforcement (la force de la règle s'améliore peu) et seules les règles adaptées au contexte (i.e., 'consonantes') sont activées par l'individu. La réduction de la dissonance est ainsi guidée par apprentissage, l'uniformisation de leurs répertoires résultant (i) de la discrimination et de la classification des différentes configurations de l'environnement (Hayek, 1952) et (ii) de la généralisation des conditions d'activation des règles (principe d'abstraction ; Boisot, 1995). Paradoxalement, l'uniformisation des répertoires ne conduit pas les individus à adopter les mêmes règles. Dans le modèle, la coordination des actions repose en effet sur la diversité des actions produites par des règles similaires. Autrement dit, si chaque individu apprend à limiter le nombre de règles qu'il mobilise pour décider, celles-ci restent différentes d'un individu à l'autre (le codage de la partie 'condition' est différent). Les stratégies des individus sont donc hétérogènes (les individus font des choix différents), même si le taux d'uniformité de leurs répertoires est élevé (98%).

## **II. Version dynamique du modèle El Farol**

Dans la version dynamique du modèle, la population d'individus est égale à 127. Les chaînes de caractères permettant d'encoder les règles « conditions-action » ont une longueur de 7 bits pour la partie « condition » ( $2^7 = 128$  signaux) et d'un bit pour la partie « action » (i.e., 0 ou 1). En définissant une population d'individu  $N$  égale à 127 il est possible de coder les signaux en utilisant une chaîne de caractère de même longueur, soit 7 bits. Les individus disposent d'un nombre donné de répertoires notés  $r$  contenant chacun un nombre donné de règles notées

$n$ . L'influence du nombre de règles et de répertoires sur l'apprentissage et la coordination sera étudiée en modifiant leur valeur au cours de simulations dédiées. Le nombre de répertoires et de règles prendra les valeurs suivantes :  $r = [6 ; 12 ; 18]$  et  $n = [6 ; 12 ; 18]$ .

Dans la version dynamique du modèle « El Farol », l'environnement n'est pas stable et la valeur du seuil de congestion  $k$  n'est pas une constante. Dans la première série de simulations, il prend les valeurs suivantes :  $k = [32 ; 48 ; 64 ; 80]$ . Notons que si  $k$  est égal à 64, la configuration du modèle est celle du jeu de la minorité. Pour les trois autres valeurs de  $k$ , la configuration du jeu correspond à des variantes du modèle « El Farol » avec des seuils de congestion plus ou moins contraignants. La valeur du seuil de congestion est modifiée de façon cyclique avec une fréquence qui peut varier. La fréquence des changements de la valeur du seuil (notée  $f$ ) détermine alors le degré d'instabilité de l'environnement. Dans les simulations réalisées, elle prendra les valeurs suivantes :  $F = [50 ; 100 ; 150 ; 250]$ . Une fréquence de changement élevée de la valeur du seuil de congestion (e.g.,  $f = 50$ ) signifie que l'environnement décisionnel est très instable.

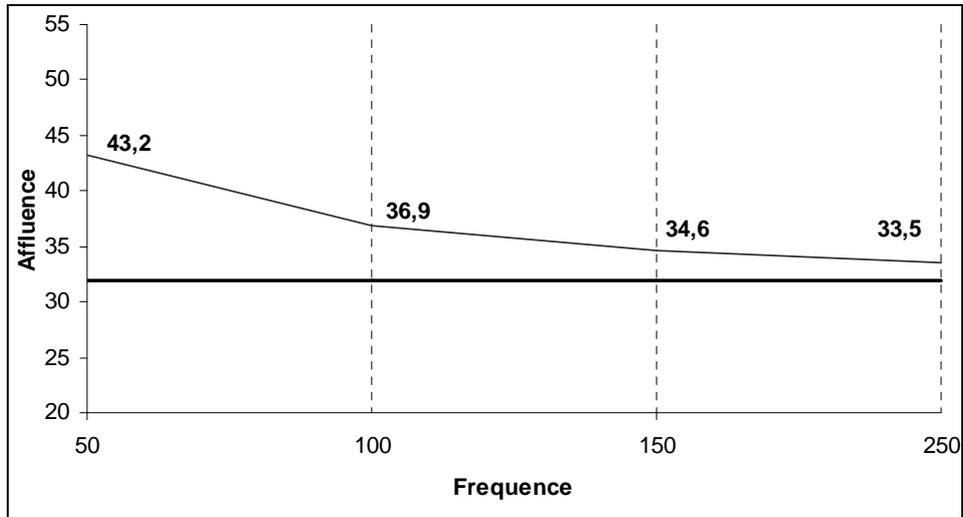
Les paramètres de la première série de simulations sont présentés dans le Tableau A1.2.

Nombre d'individus [ $N$ ]	127
Probabilité de croisement [ $Pc$ ]	0.7
Probabilité de mutation [ $Pm$ ]	0.005
Probabilité d'avoir un « # »	0.3
Nombre de règles [ $n$ ]	[6 ;12 ;18]
Nombre de répertoires [ $r$ ]	[6 ;12 ;18]
Nombre d'essais [ $e$ ]	$(r \times n) / 2$
Valeur du seuil [ $k$ ]	[32 ; 48 ; 64 ; 80]
Sélection des règles	Aléatoire
Mécanisme de sélection	<i>Roulette Wheel</i>

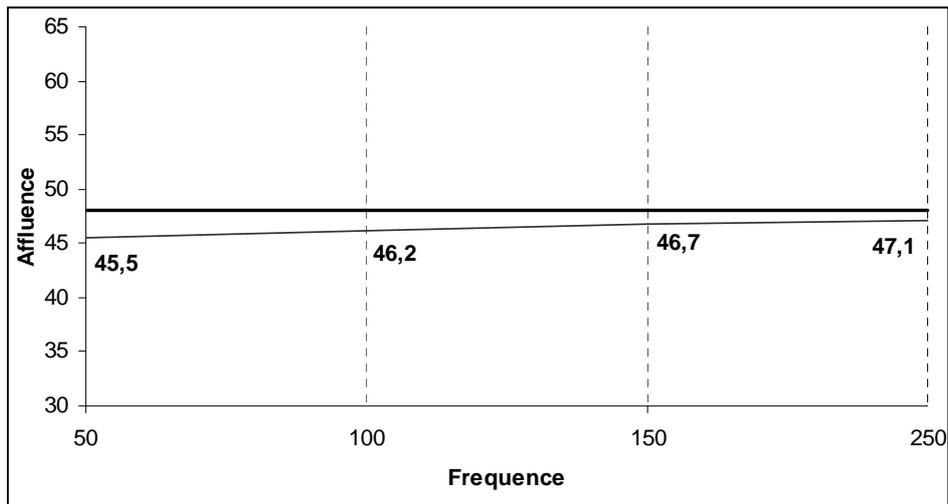
**Tableau A1.2.** Paramètres du modèle dynamique – première série de simulations

Les figures A1.3., A1.4, A1.5 et A1.6 présentent l'affluence moyenne pour chaque valeur du seuil de congestion (32 ;48 ;64 ;80) en fonction de la fréquence de changement de sa valeur

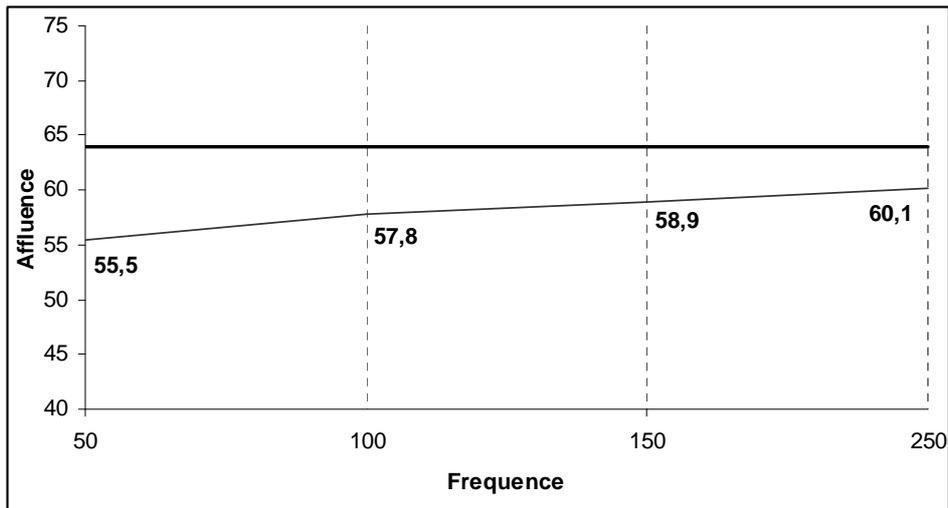
(50 ; 100 ; 150 ; 250). Au cours de ces simulations, le nombre de règles et le nombre de répertoires sont égaux à 12.



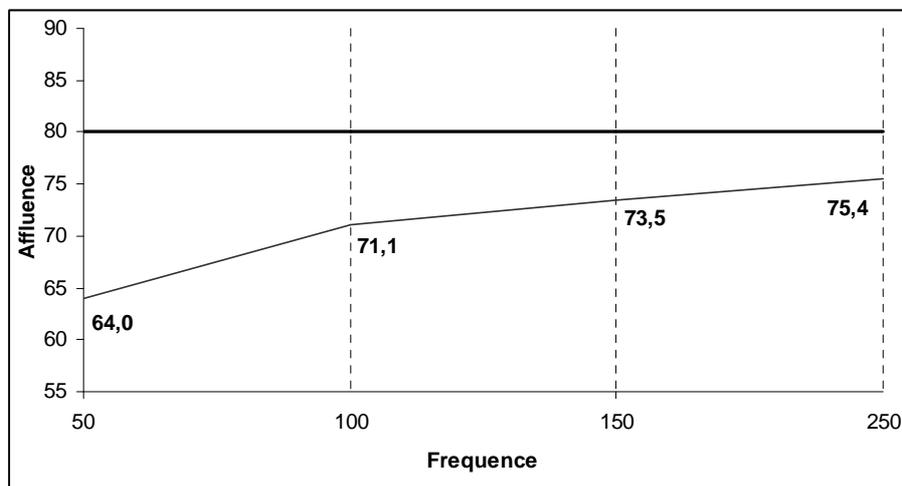
**Figure. A1.3.**  $k = 32$



**Figure. A1.4.**  $k = 48$



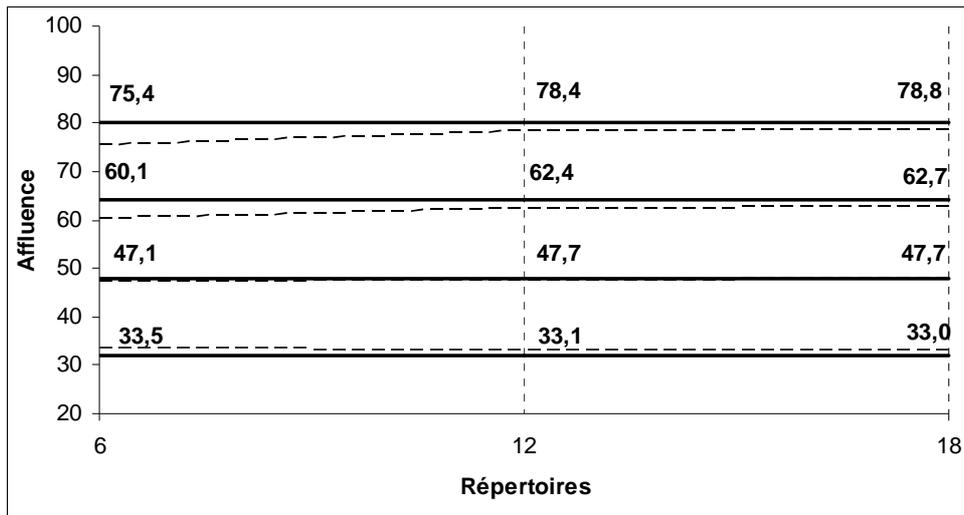
**Figure. A1.5.**  $k = 64$



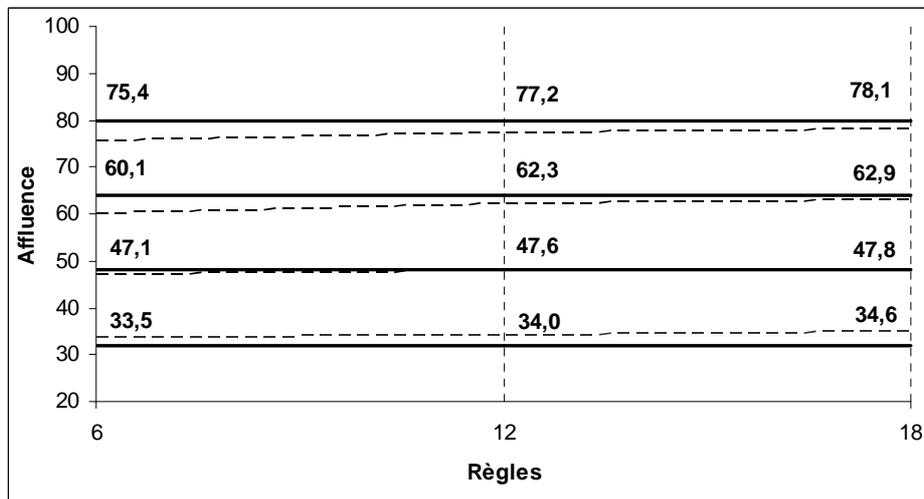
**Figure. A1.6d.**  $k = 80$

L'enseignement principal de cette première série d'expériences (fig. 5a à 5d) est que la fréquence de changement de la valeur du seuil de congestion a un impact sur la précision de la coordination. Plus la fréquence est faible et plus l'affluence moyenne est proche de l'équilibre. Ainsi, plus l'environnement décisionnel est stable et meilleure est la capacité d'apprentissage et de coordination des individus.

Les figures A1.7 et A1.8 présentent l'affluence moyenne pour chaque valeur du seuil de congestion (32 ;48 ;64 ;80) en fonction du nombre de répertoires (6 ;12 ;18) et du nombre de règle (6 ;12 ;18). La fréquence de changement de la valeur du seuil est une constante :  $f = 150$ .



**Figure. A1.7.** Impact du nombre de répertoires  $r$  sur la coordination ( $n = 12$ )



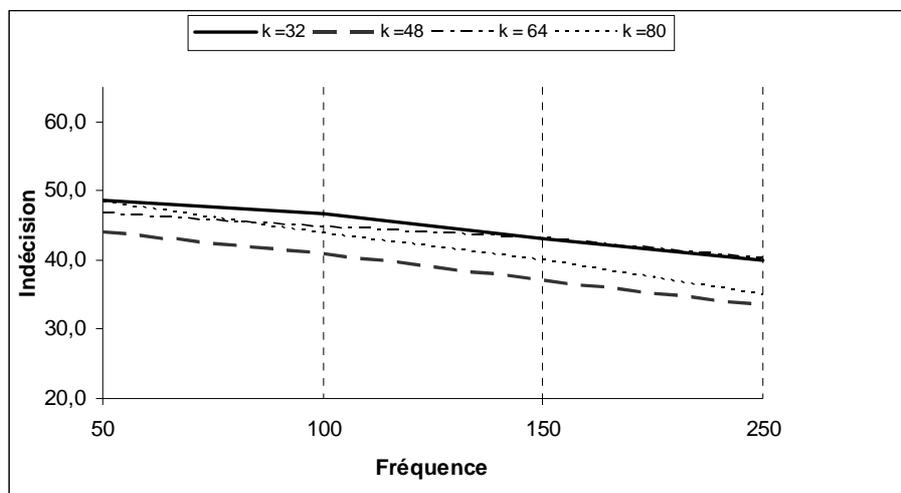
**Figure. A1.8.** Impact du nombre de règles  $n$  sur la coordination ( $r = 12$ )

Si le nombre de répertoires  $r$  et de règles  $n$  ont un impact significatif sur la capacité d'apprentissage et de coordination des individus, il apparaît que le nombre de répertoires a une influence relativement plus forte que le nombre de règles sur la précision de la coordination interindividuelle. En revanche, le nombre de règles a un impact relativement plus grand que le nombre de répertoires sur la capacité d'apprentissage et de prise de décision des individus. Il apparaît ainsi que plus la capacité cognitive des individus est grande, meilleure sera leur aptitude à prendre des décisions et à apprendre du résultat de ces décisions à résoudre le problème de coordination.

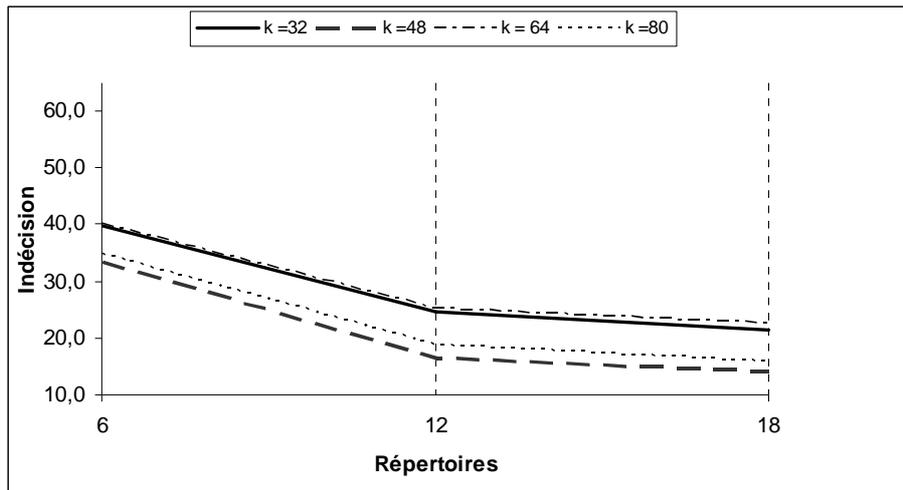
En étudiant plus précisément les choix des individus lors du processus d'apprentissage, Nous avons eu la surprise de constater que les individus ne décidaient pas toujours de se rendre ou de ne pas se rendre dans le café. Parfois, ils restaient indécis. En effet, lorsque le signal reçu

ne correspond pas à l'une ou l'autre des conditions d'activation des règles de décision de l'individu, ce dernier ne décide pas. L'indécision est clairement une propriété émergente du modèle puisque les individus sont initialement confrontés à un problème de choix binaire. Or, en fonction du degré de stabilité de l'environnement et de la structure cognitive des individus, un nombre significatif d'individus restent en moyenne indécis. Nous avons donc conduit une deuxième série d'expériences afin d'étudier l'impact de la structure cognitive et de la stabilité de l'environnement décisionnel sur l'indécision en faisant varier les variables  $f$ ,  $r$  et  $n$  et en mesurant le nombre d'individus indécis.

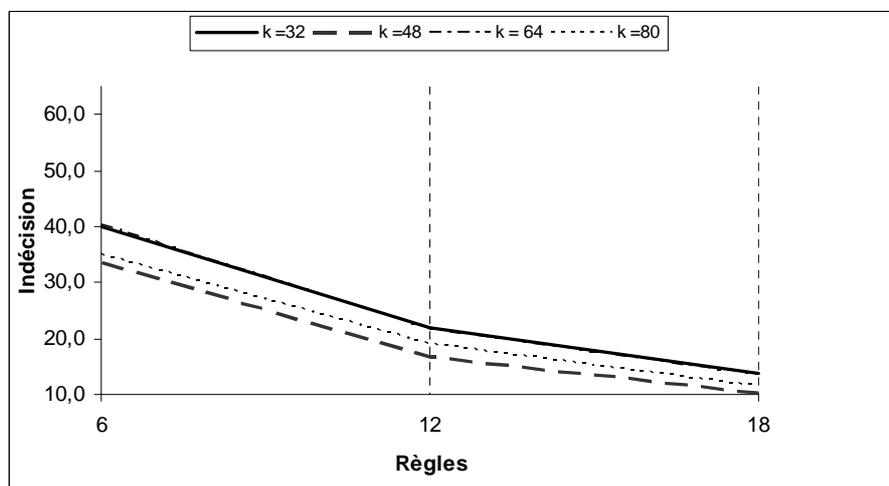
Les figures A1.9, A1.10 et A1.11 présentent le nombre d'individus indécis en fonction de la fréquence de changement du seuil de congestion, du nombre de répertoires et du nombre de règles respectivement. On observe ainsi que le nombre d'individus indécis chute lorsque la stabilité de l'environnement est plus grande (fig. 7a). On observe également que le nombre d'individus indécis diminue lorsque la capacité cognitive augmente, quelle que soit la valeur du seuil de congestion. Plus précisément, le nombre de règles est la variable qui a l'influence la plus forte sur l'indécision comparativement au nombre de répertoires. Plus la structure cognitive des individus est riche et plus grande sera leur capacité décisionnelle.



**Figure. A1.9.** Impact de la stabilité de l'environnement  $f$  sur l'indécision

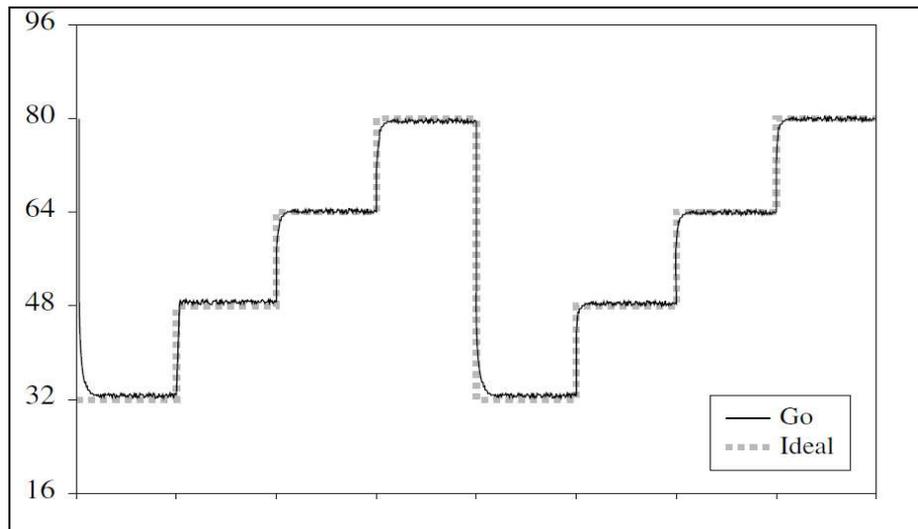


**Figure. A1.10.** Impact du nombre de répertoires  $r$  sur l'indécision



**Figure. A1.11.** Impact du nombre de règles  $n$  sur l'indécision

Au final, il apparaît que les individus apprennent en moyenne à résoudre le problème de coordination asymétrique. Toutefois, la précision de la coordination (la distance à l'équilibre défini par le seuil de congestion) dépend du degré de stabilité de l'environnement et de la structure cognitive des individus. La configuration idéale correspond à un environnement stable, avec  $f = 250$ , dans lequel la structure cognitive des individus est riche, avec  $r = 18$  et  $n = 18$ . Dans cette configuration, l'affluence moyenne est proche de l'équilibre (cf. Figure A1.12).



**Fig. A1.12.** Précision de la coordination ( $f = 250$  ;  $r = 18$  ;  $n = 18$ )

## ANNEXE 2. LES USAGES DU TEXT CHAT DANS LES FORCES DE L'OTAN

Trois propriétés socio-matérielles de la technologie *text-chat* sont mobilisées par les militaires des forces de l'OTAN déployés en Afghanistan : la multiplication des sources d'information, la permanence des flux d'information, et la persistance de l'information. Ensemble, ces trois propriétés soutiennent le développement d'usages innovants de la part des acteurs confrontés à des formes informationnelles et cognitives d'incertitude.

### I. La multiplication des sources d'information et des canaux de communication

Par définition, le *text-chat* offre aux utilisateurs une multiplicité de sources d'information sous la forme d'espaces de dialogue appelés *chat rooms*. On observe que les opérateurs poursuivent simultanément plusieurs conversations avec de multiples interlocuteurs, certains géographiquement éloignés. Ils peuvent également, au sein d'un même espace, participer à différents dialogues et créer des espaces de dialogue collectifs favorisant les interactions de groupes. Ils peuvent encore utiliser des espaces privés facilitant les échanges de gré à gré (*instant messaging*). Cette capacité supplémentaire appelée *whispering* permet à l'utilisateur de rechercher une information critique pour la bonne conduite de l'opération sans risquer de surcharger la conversation collective. L'individu prend contact avec son interlocuteur en créant un espace personnel dédié, obtient l'information dont il a besoin puis reprend place au sein de l'espace de discussion collectif. Notons que ces espaces de dialogues individuels et collectifs sont sécurisés, limitant ainsi les risques d'espionnage et de piratage.

La multiplication des sources d'information a sensiblement réduit l'incertitude informationnelle et amélioré la capacité des acteurs à réaliser les tâches de préparation des opérations mais aussi d'exécution des missions (cf. Encadré A 2.1.).

**Encadré A2.1.** Multiplication des sources et optimisation des capacités de coordination des acteurs de terrain : une illustration.

La propriété matérielle du *Text Chat* de multiplier les sources d'information a été exploitée par les Forces Spéciales pour conduire des missions en profondeur sur le théâtre Afghan. Pour contourner les limites des bandes passantes disponibles sur le terrain, les combattants ont eu l'idée de raccorder leur liaison satellite à leur ordinateur portable afin de transmettre des données vocales et textuelles. Ce « bricolage » leur a permis de recevoir et d'envoyer des messages certes moins élaborés que via les *chat rooms* lors des phases de préparation, mais

suffisamment précis pour permettre un dialogue direct avec le commandement. Les unités spéciales envoyées vers les villages afghans ont alors développé des pratiques communicationnelles innovantes qui leur ont permis de raccourcir significativement les boucles décisionnelles et d'optimiser la gestion du tempo des opérations. La chaîne de commandement a pu suivre l'évolution de la situation tactique en temps réel grâce à l'accès aux informations partagées par les acteurs de terrain. Ces informations, continuellement réactualisées, ont permis de réagir très vite face aux évolutions de la situation tactique, en réassignant les ressources disponibles au plus près des nécessités du terrain.

La capacité offerte par le *text-chat* d'articuler différents modes de communication (*whispering* et collectif) a également amélioré la qualité des échanges d'informations le long de la chaîne hiérarchique (relations verticales) et entre les acteurs de terrain (relations horizontales). En favorisant la circulation de l'information et le partage des connaissances, l'usage du *text-chat* a facilité la construction et le partage d'une représentation de la situation tactique (*shared situation awareness*). La multiplication des sources d'information et des modes de communication a ainsi permis de développer les capacités interprétatives des acteurs et de réduire les effets négatifs de l'incertitude cognitive sur la coordination et la prise de décision. Il est intéressant d'observer que les usages du *text-chat* à des fins de communication synchrone n'ont pas remplacé les usages existants attachés à la technologie utilisée jusqu'à alors : la radiocommunication. Le *text-chat* a certes rendu les échanges d'informations plus fluides et moins « bruitées » comparativement aux communications radio jugées couteuses en termes de temps et d'efforts, et de médiocre qualité (problèmes de réception, vocabulaire limité, difficulté de maîtrise de la langue, des accents etc.). L'usage de la radio persiste toutefois notamment lorsque l'information ou la directive transmise a une signification particulière, revêt un caractère urgent ou relève d'un niveau de risque ou de danger élevé. En utilisant simultanément le *text-chat* et la radio, les acteurs ont fait le choix de superposer les technologies dans la mesure où chaque technologie sert des objectifs bien définis. Les autorités hiérarchiques ont alors décidé de conserver les usages en vigueur durant les phases les plus sensibles de l'exécution des missions (communication radio) dans la mesure où cela augmente la performance des acteurs.

## **II. La permanence des flux de communication et la permanence de l'information**

En principe, les *chats-rooms* sont temporaires : ils se développent et disparaissent selon la nature des missions à organiser (planifier une mission aérienne d'assaut ne requiert pas les

mêmes expertises qu'une attaque anti-sous marine par exemple). Or, le *text-chat* permet de recevoir et de transmettre des messages 24 heures sur 24. Cette permanence des flux de communication est essentielle sur les théâtres d'opérations dans la mesure où les missions doivent pouvoir être planifiées et conduites à toute heure du jour et de la nuit. Le *text-chat* est ainsi considéré par un nombre croissant de combattants comme un des outils de commandement et de conduite les plus fiables : lorsque les unités se déploient trop en profondeur pour rester joignables à la voix ou lorsque les capacités des bandes passantes sont insuffisantes, le *text-chat* (ou l'*instant messaging*) devient le seul moyen de communication disponible en continu. Peu à peu, les utilisateurs se sont appropriés la capacité de permanence de la technologie et ont développé des pratiques de communication adaptées : les opérateurs s'attendent toujours à trouver un interlocuteur avec qui entamer le dialogue. Plus les utilisateurs exploitent la propriété de permanence attachée au *text-chat*, plus les échanges sont intenses et stratégiques, et plus les incitations à rester devant les écrans sont fortes.

Parallèlement, les utilisateurs ont souhaité que le *text-chat* soit configuré de telle sorte à leur fournir le fil directeur des conversations conduites sur les différents espaces de dialogue. Un système de marquage temporel a ainsi été développé, donnant accès aux personnels autorisés à l'historique des conversations. Les opérationnels ont ensuite ajouté au système un moteur de recherche qui leur permet de trouver rapidement, parmi les multiples espaces de dialogue ouverts et/ou stockés, les passages des conversations qui leur sont directement utiles. Ces capacités supplémentaires de stockage et de recherche de l'information ont rendu les espaces de dialogues persistants. Les acteurs ont ainsi appris à développer des capacités de communication asynchrones qui n'étaient pas prévues initialement. La persistance de l'information est alors perçue comme une propriété matérielle complémentaire de la permanence des flux et de la multiplicité des sources. Ensemble, ces propriétés matérielles ont rendu possible le développement d'usages innovants adaptés aux caractéristiques de l'environnement décisionnel et opérationnel.

### **III. L'émergence de biais informationnels et cognitifs**

Il est d'usage de considérer que les effets des TIC sur les organisations sont ambivalents. Les résultats de l'étude confirment ce constat et suggèrent que le déploiement du *text-chat* dans les forces n'a pas uniquement produit des effets positifs sur les capacités d'action, de décision et de coordination des acteurs. Il a également généré des biais comportementaux qui, pour certains d'entre eux, viennent modérer l'interprétation que nous pourrions avoir à propos des vertus opérationnelles du *text-chat*.

Deux biais sont particulièrement saillants dans l'étude. Le premier est lié à la surcharge informationnelle provoquée par la multiplication des sources et des flux de communication. Le second résulte de la dépendance à l'information que suscitent la permanence et la persistance des informations. Si le premier biais est une conséquence directe de l'accumulation d'informations en vue de réduire l'incertitude informationnelle, le second est un biais cognitif résultant d'une dissonance entre l'état psychologique et émotionnel de l'individu d'une part et les normes comportementales en vigueur dans son environnement de travail d'autre part. Des recherches expérimentales conduites aux Etats-Unis ont confirmé l'existence de plusieurs biais liés à la gestion des flux d'informations (Scott *et al.*, 2006). Elles démontrent notamment qu'en situation d'urgence et de stress intenses, les usagers du *text-chat* ont tendance à se focaliser exclusivement sur l'interface du système qui leur permet d'accéder à l'information. Le traitement des demandes en flux continu et le suivi des conversations parallèles absorbent alors toute leur concentration au détriment des impératifs de la mission.

Avec le développement des usages du *text-chat*, les utilisateurs sont incités à suivre l'évolution de la situation tactique en temps réel et à porter leur attention sur le système d'information. Il s'agit de ne pas négliger des informations essentielles à la réalisation de la mission. Ils éprouvent alors des difficultés à déterminer le moment où il devient nécessaire de stopper le processus d'accumulation d'information pour se concentrer exclusivement sur l'exécution de la mission. Ce biais peut générer une paralysie de l'action et introduire une rupture dans la chaîne décisionnelle et communicationnelle au sein de l'organisation. Parallèlement, la multiplication des espaces de dialogue a entraîné une augmentation spectaculaire des volumes d'informations qui doivent toutes faire l'objet d'un traitement urgent. Les acteurs se trouvent alors « noyés » sous une masse d'informations sans qu'il leur soit possible d'opérer un tri par priorité. Une nouvelle fois, la conséquence est un ralentissement des cycles de décision pouvant aller jusqu'à paralyser l'action.

### **ANNEXE 3. L'IMPACT DU RAFALE SUR LES COMPETENCES DES PILOTES DE CHASSE**

L'adaptation de l'organisation aux changements induits par l'introduction de l'avion de chasse multi-rôle *Rafale* sont de trois ordres : changement de la structure des qualifications des pilotes de chasse, transformation du modèle de formation et standardisation des missions.

#### ***I. Evolution des qualifications***

En pratique, le parcours de formation du personnel navigant, quel que soit l'avion et la mission considérés, repose sur une double logique de spécialisation (combat, assaut ou renseignement) et de qualification. Dans l'armée de l'air, la hiérarchie des qualifications se compose de trois niveaux : Pilote de combat opérationnel (PCO), Sous chef de patrouille (SCP) et Chef de patrouille (CP). Lorsqu'un pilote de chasse atteint le premier niveau de qualification (Pilote de combat opérationnel), il est capable de tenir le rôle d'équipier au sein d'une patrouille composée de deux avions. Au niveau suivant, l'équipier, devenu Sous chef de patrouille, est capable de commander une patrouille composée de deux avions et évoluant dans un environnement aérien de plus en plus complexe. Enfin, la qualification Chef de patrouille signifie que le pilote est capable de commander plusieurs patrouilles (au moins deux, soit quatre avions) et d'accomplir sa mission dans un environnement aérien qui peut être à la fois complexe et hostile.

Le premier changement induit par le *Rafale* est un bouleversement des frontières entre les métiers de la chasse. Ce changement va tout d'abord se traduire par la redéfinition de la structure et du contenu des qualifications. Celle-ci repose à présent sur quatre niveaux :

(i) La première qualification, appelée « Pilote de combat opérationnel », valide toujours la capacité de l'individu de tenir son rôle d'équipier au sein d'une patrouille composée de deux avions (1#1). Mais cette fois-ci la première phase de la formation opérationnelle conduit le pilote à accomplir des missions de défense aérienne et des missions d'assaut dans un environnement simple. Les compétences du Pilote de combat opérationnel inclut notamment ce que l'armée de l'air appelle un « socle de polyvalence ». Ce socle de compétences communes à tous les pilotes de chasse repose sur une distribution « équilibrée » des missions de combat et d'assaut. Le Pilote de combat opérationnel devient un « PCO polyvalent ».

(ii) Les deuxième et troisième niveaux de qualification sont maintenus. Toutefois, en devenant Sous chef de patrouille (SCP) puis Chef de patrouille (CP), le pilote de *Rafale* doit développer une compétence dominante dans l'une ou l'autre des deux missions suivantes : le

combat aérien (offensif et défensif) ou l'assaut conventionnel et guidé laser. Ces deux qualifications valident toujours la capacité du pilote de chasse de commander une patrouille composée, respectivement, de deux (1#1) puis de quatre avions (2#2), et d'accomplir l'une ou l'autre des deux missions avec un degré d'expertise élevé. La mission restante (assaut ou défense aérienne) est donc secondaire.

(iii) Le quatrième niveau de qualification, introduit avec le *Rafale*, correspond à un entraînement spécifique dont la finalité est de permettre à certains individus qualifiés Chef de patrouille (CP) de conduire des opérations de combat et d'assaut en environnements complexes (menace forte, cellule de quatre avions, sans escorte) avec un haut niveau de performance opérationnelle. Cette capacité est validée par une nouvelle qualification spécifique de la formation sur *Rafale*, appelée « Chef de Patrouille polyvalent ».

L'armée de l'air a donc chois de former trois catégories de pilotes de chasse. La première catégorie se compose d'équipiers « généralistes » qui n'ont pas encore atteint le stade de l'expertise. La deuxième catégorie est formées de pilotes capables de combiner un savoir faire de spécialiste dans une mission principale (expertise) et d'un savoir faire de généraliste dans une mission secondaire. La troisième catégorie est constituée de pilotes à la fois experts et polyvalents, maîtrisant la diversité des savoirs techniques, tactiques et relationnels associée aux tâches de préparation, d'exécution, de commandement et de conduite des missions de combat et d'assaut.

## ***II. La transformation du modèle de formation***

Le deuxième changement majeur a consisté à accroître la flexibilité du processus de progression dans l'échelle des qualifications. Pour valider chaque qualification, le personnel navigant progresse par étapes, chacune se décomposant en différents cycles de formation. L'armée de l'air considère trois cycles : la validation, la consolidation et le perfectionnement (auquel s'ajoute une phase de maintien de la qualification appelé « prorogation de qualification »). A chaque étape donc, le pilote effectue des cycles de validation, puis il passe à des missions plus compliquées et effectue des cycles de consolidation et de perfectionnement. Sur *Rafale*, un cycle se compose d'un ensemble de séquences de missions de combat et/ou d'assaut que le pilote doit accomplir dans un ordre précis (auparavant, les cycles étaient mono mission). Par exemple, lors d'un cycle de validation le pilote commence par faire un vol basique au cours duquel il s'approprie les procédures. Puis, il s'exerce aux missions de combats « air air » simples. Ensuite, il effectue une mission d'assaut basique et, pour finir, une mission de synthèse qui associe le combat aérien et les missions d'assaut

basiques. Cette séquence est effectuée avec au moins un capteur puis les missions de combat et d'assaut se répètent en introduisant deux capteurs. Le cycle s'achève toujours par une mission de synthèse.

Compte tenu de la variété des tâches, des rôles et des missions que les pilotes doivent maîtriser sur *Rafale*, chaque cycle doit pouvoir être ajusté en fonction du niveau du pilote et de l'objectif de formation fixé. La composition ainsi que l'ordre des séquences de missions qui constituent chaque cycle sont adaptables en fonction du profil de l'individu, des phases et des étapes de sa formation. Il s'agit là d'un changement important dans la mesure où la logique de formation antérieure privilégiait une application linéaire des cycles dont le contenu était peu flexible. L'élargissement du périmètre des missions et l'utilisation de nouveaux équipements et munitions ont ainsi nécessité davantage de souplesse dans la formation du personnel navigant. Le rythme des cycles de validation, de consolidation et de perfectionnement a donc été pensé pour permettre de construire un profil de compétences conforme aux objectifs de chaque niveau de qualification. Une séquence doit pouvoir être ajustée au profil du personnel navigant, à son degré de progression, à son niveau de qualification et à ses objectifs ou ses besoins.

### ***III. La standardisation des missions***

Le troisième changement concerne la standardisation des missions, des séquences et des cycles. Même si la standardisation des langages, des procédures et des actions a toujours été nécessaire dans les métiers de la chasse afin de faciliter la substituabilité du personnel navigant lors d'opérations extérieures, elle concerne à présent la *méthode* de formation.

L'armée de l'air a fait le choix de définir une nomenclature des missions, des séquences et des cycles de formation selon quatre critères :

1. L'environnement. Celui-ci peut être simple ou complexe en fonction de la nature de la menace et de la dimension du dispositif aérien déployé.
2. La mission. On distingue deux types de missions principales : assaut et défense aérienne. La spécialité « renseignement » disparaît, les équipements (actifs et passifs) de recueil du renseignement sur *Rafale* étant si performants que tous les pilotes de chasse devront être capables d'accomplir des missions de renseignements.
3. L'armement. Parmi les systèmes d'arme qui équipent aujourd'hui le *Rafale*, on trouve un certain nombre de missiles qui nécessitent un entraînement particulier.

4. Les équipements. Le *Rafale* est équipé des dernières technologies d'information de surveillance et de reconnaissance (ISR), de guerre électronique et d'autoprotection. Ces équipements nécessitent également une formation spécifique.

En combinant les quatre critères précédents, l'armée de l'air a ensuite identifié des compétences élémentaires que le personnel navigant développe progressivement en enchaînant les séquences de missions et les cycles. Chaque compétence élémentaire peut être implémentée comme un module autonome au sein d'une séquence qui sera ensuite articulée dans le temps puis répétée jusqu'à constituer un cycle. Le contenu de chaque compétence élémentaire représente une série d'actions standardisées, codifiées de façon précise par des escadrons d'instruction et d'enseignement. Leur maîtrise valide un ensemble de compétences techniques, tactiques et relationnelles que le personnel en formation acquière au fur et à mesure de son parcours de qualification.

La standardisation sert deux objectifs. Le premier est de faciliter la recombinaison des séquences et des cycles de formation en fonction des contraintes et des besoins spécifiques du personnel navigant (disponibilité, détachement, obligation de maintien des compétences). Les compétences techniques du pilote étant décomposables en briques élémentaires, la standardisation des missions, des séquences et des cycles permet d'exploiter les qualités de flexibilité (modularité et adaptation) de la méthode de formation. Le deuxième objectif de la standardisation est une réponse à l'hétérogénéité des méthodes d'entraînement. Dans l'armée de l'air, la formation du personnel navigant est traditionnellement décentralisée au niveau des escadrons. Compte tenu de la diversité des avions, des missions et des escadrons qui prévaut avant l'introduction du *Rafale*, la standardisation de la formation à l'échelle de la population des pilotes de chasse et des navigateurs de combat n'est pas nécessaire. La population des pilotes de chasse est en effet composée de trois communautés distinctes spécialisées dans l'accomplissement de missions spécifiques sur des avions différents. La standardisation est certes nécessaire mais à l'échelle de chaque communauté de métier. Or, avec le *Rafale*, les trois communautés n'en forment plus qu'une. La formation du personnel navigant doit donc être homogène d'un escadron à l'autre afin de garantir la maîtrise des savoirs faire propres à chaque mission et la substituabilité des individus.

## **ANNEXE 4. L'INTRODUCTION DE L'A400M ATLAS ET LE TRANSFERT DES COMPETENCES DANS LES ESCADRONS DE TRANSPORT**

L'analyse du cas révèle trois résultats principaux en matière de transfert des compétences : (1) les différentes formes de transfert des compétences, (2) la primauté des savoir être et quoi faire sur les compétences techniques et (3) l'importance de la « *culture métier* ».

### ***I. Les différentes formes de transfert des compétences***

Trois formes de transfert de compétences émergent de l'analyse des données. Elles concernent le transfert dit « en l'état », le transfert vers le système d'information et le transfert par redistribution.

- (1) *Le transfert « en l'état »*. Certaines compétences développées antérieurement dans des contextes de travail différents sont considérées comme pouvant être exploitées au sein du nouvel environnement. Aux yeux des personnels en charge du programme A400M et de sa mise en œuvre, il s'agit moins d'une question de maintien de compétences antérieures que de transfert vers un nouveau contexte de travail (cf. présentation de la MEST et archives officielles).
- (2) *Le transfert des compétences vers le nouveau système*. Certaines tâches revenant antérieurement aux individus sont à présent prises en charge par le système d'information et l'avionique (équipements électroniques et électriques à bord). Cette forme de transfert implique de concevoir un ensemble technologique intégré qui automatise certaines tâches auparavant accomplies par les individus. L'automatisation vise l'allègement de la charge cognitive des personnels navigants composant le nouvel équipage de conduite. Le principe général est de transférer la plupart des activités techniques (détection de pannes, gestion des pannes « simples », gestion du système de navigation, etc.) vers le système d'information et l'avionique afin que les deux pilotes puissent consacrer davantage de temps au développement de leurs compétences situationnelles (évolution des tactiques, prise de décision, etc.).
- (3) *La redistribution des compétences au sein de l'équipage*. Le nouvel avion A400M impliquant une recomposition de l'équipe, la distribution antérieure des compétences s'en trouve modifiée. Dans ces circonstances, les acteurs adaptent leurs pratiques de travail et se redistribuent les tâches au regard du nouvel environnement : de quatre personnels navigants sur Transall, l'équipage passe à deux sur A400M (deux pilotes qui pourront toutefois bénéficier de la présence d'un troisième homme lors de

missions complexes). Tout ceci suppose le transfert des compétences du NOSA et du mécanicien navigant par redistribution au sein d'un équipage recomposé.

### ***1.2. La primauté du savoir être et savoir quoi faire sur les compétences techniques***

A la question : « A vos yeux, quelles sont les compétences clés d'un équipage de transport ? », la totalité des interviewés a en effet mis l'accent sur l'importance relative des compétences relationnelles et situationnelles. Plus précisément, les personnels interviewés ont mis en exergue deux types de compétences « humaines » essentielles à transférer : savoir entretenir la confiance mutuelle pour nourrir la synergie équipage et savoir être réflexif afin d'améliorer ses capacités d'adaptation aux imprévus.

(1) *Synergie équipage et confiance mutuelle.* Ces compétences sont essentielles à la recherche d'un équilibre entre une forte standardisation des savoir-faire techniques – passant par la mécanisation et l'automatisation des gestes et des communications – et la synergie équipage, reposant davantage sur la connaissance mutuelle et la confiance.

(2) *Réflexivité et adaptabilité.* Ces compétences sont indispensables à la réussite de la mission. Elles relèvent de l'aptitude des acteurs à adapter leurs modes d'action aux circonstances et à adopter une posture collective critique et constructive à propos des actions et de leurs conséquences.

### ***1.3. La « culture du métier »***

Les discussions relatives au transfert des valeurs culturelles du métier de pilote de transport militaire ont été spontanément – et systématiquement – initiées par les personnels navigants rencontrés, alors même que ce thème n'apparaissait pas explicitement dans notre guide d'entretien. A leurs yeux, le processus de transfert de compétences du Transall vers l'A400M ne peut être envisagé sans prendre en compte la dimension culturelle qui le constitue. Les pilotes expérimentés sur Transall font référence aux valeurs culturelles des métiers du transport en parlant de « l'esprit CoTAM ». C'est en effet sous le Commandement du Transport Aérien Militaire, en activité de 1962 à 1994, que le Transall s'est affirmé comme l'avion des missions tactiques par excellence et que, plus globalement, les valeurs culturelles du métier du transport militaire ont été érigées. L'équipage se construit donc autour d'une philosophie du métier du transport tactique militaire, à savoir d'une capacité à partager une « attitude », un langage et des croyances communes concernant le sens et la finalité de la mission.

Un des risques majeurs associés à l'introduction de l'A400M, bien identifié par les opérationnels et les officiers d'Etat-major, est l'effritement progressif de la culture du transport militaire. En effet, le nouvel avion est équipé d'interfaces modernes et sophistiquées, similaires à celles constituant les cockpits des Airbus civils dédiés aux lignes commerciales. Toute la difficulté est donc de trouver le point d'équilibre entre la philosophie « de la ligne », où la sécurité prime, et la « *culture du métier* » qui incite les personnels navigants à aller au bout de la mission et trouver les solutions face à l'imprévu tout en garantissant la sécurité des vols.



## **ANNEXE 5. LES PROCEDURES DE BRIEFING-DEBRIEFING DANS L'ARMEE DE L'AIR**

L'analyse du cas révèle deux catégories thématiques principales : (1) la performance individuelle associée à l'apprentissage dans/par l'action et (2) ses retombées au niveau du collectif.

### ***I. Soutenir la performance collective***

La fonction première du débriefing est de favoriser l'entraînement et l'apprentissage individuel. Les pilotes sont méthodiquement évalués par leurs collègues et/ou leur hiérarchie (concernant les pilotes en instruction) et peuvent être sanctionné en cas d'échec. Chaque pilote et navigateur s'accorde sur cette fonction de base du débriefing et considère que la détection et la correction de l'erreur est la meilleure façon pour progresser. Si les pilotes en instruction doivent particulièrement s'impliquer dans ces pratiques de détection de l'erreur, les « seniors » sont également concernés. Ils reconnaissent volontiers que même le plus expérimenté et talentueux des pilotes n'est pas à l'abri d'une erreur et tire forcément avantage du commentaire critique formulé par autrui. Plusieurs de nos interviewés nous ont précisé que l'examen critique de ce qui a été réalisé durant le vol représente l'essence même du débriefing.

Cette démarche de détection et de correction de l'erreur suppose le partage d'un certain nombre de pré-requis par les acteurs : tout d'abord, l'observation des erreurs des autres permet de se corriger soi-même ; ensuite, la présence des collègues au débriefing est non seulement la garantie de repérer l'ensemble des erreurs commises, sans « passer à côté », mais également d'envisager un panel complet de solutions/corrections ; enfin, il est nécessaire de savoir reconnaître ses erreurs et d'en assumer la responsabilité pour éviter de les commettre à nouveau lors d'un prochain vol. Le partage de ces pré-requis favorise la mise en place d'un processus d'apprentissage constructif, permettant d'améliorer ses propres pratiques à partir des critiques et commentaires des autres.

L'analyse des données met également en lumière le rôle clé joué par les technologies pour soutenir le processus de débriefing. En effet, l'usage des systèmes de reconstitution des vols confronte systématiquement et objectivement les pilotes à la réalité : le visionnage du film (schématique ou vidéo) leur permet de se représenter avec précision le déroulement de la mission et ses potentielles défaillances. Les faits sont montrés, la transparence est la règle et chaque participant n'a d'autre choix que d'accepter la pleine responsabilité de ses erreurs. En

cela, les technologies ont quelque peu révolutionné le processus de débriefing dans la mesure où, avant leur implémentation, les pilotes expérimentés avaient tendance à sous-estimer l'ampleur de leurs erreurs.

En permettant aux pilotes et navigateurs d'examiner les données du vol avec précision et de remettre en question telle ou telle décision, les systèmes de reconstitution des vols soutiennent efficacement l'apprentissage individuel, à travers principalement de deux mécanismes : l'apprentissage par l'erreur et la confrontation à la réalité. Comme nous l'explique un pilote, la hiérarchie s'attend à ce que chacun soit capable de décrire avec précision les problèmes auxquels il a été confronté, d'explicitier les raisons qui l'ont conduit à faire une erreur et de tirer les leçons de cet incident pour ses vols prochains. Dans ce cadre, les pilotes sont engagés dans un processus d'apprentissage institutionnalisé, gouverné par les règles de la transparence et de la reconnaissance des erreurs.

Une grande majorité des interviewés considèrent également la progression individuelle repose sur des qualités et des attitudes personnelles. En particulier, l'humilité et la réflexivité sont vues comme des « facilitateurs » de l'apprentissage individuel. Les pilotes et navigateurs définissent l'humilité comme la capacité à reconnaître ses erreurs et à en accepter l'entière responsabilité. L'humilité est étroitement liée à la réflexivité. La réflexivité évoque la capacité des participants au débriefing à prendre du recul au regard de leurs actions et à faire évoluer leurs pratiques en fonction de ce qu'ils ont appris.

## ***II. Nourrir la progression du collectif***

La seconde fonction de base du débriefing mise en lumière par les interviewés concerne la performance collective. En effet, les pilotes et les navigateurs insistent sur le fait que la détection de l'erreur et la capacité d'en tirer des leçons au niveau individuel rejaille sur la performance de l'ensemble du personnel, navigant ou non, qui participe à la préparation et à l'exécution de la mission. En acceptant de travailler sur le mode de la critique constructive, chaque pilote et navigateur aborde le débriefing comme un processus d'apprentissage multi-niveaux qui leur permet d'améliorer leur performance individuelle mais également collective. En cela, le débriefing est souvent décrit comme une opportunité de socialisation pour les plus anciens, et comme un moyen d'intégration dans la communauté pour les plus jeunes. Les personnels interviewés soulignent fréquemment le rôle joué par le bar d'escadron (ou salle de détente) dans le processus de débriefing. Au sein d'un environnement convivial, les pilotes parlent librement de leur journée, de la pression qu'ils ont ressentie, des situations qu'ils ont vécues et des solutions qu'ils ont trouvées pour contourner ou régler les problèmes. En

d'autres termes, ils débriefent à nouveau mais de façon très informelle, sans le poids de la hiérarchie et la tension liée à l'évaluation. Ces discussions conduisent à la construction progressive d'un stock de connaissances communes qui leur permet d'acquérir une compréhension partagée des fondements et des pratiques du métier.

Ce faisant, le débriefing formel et les discussions au bar d'escadron constituent un système social structuré et démocratique à partir duquel les participants partagent et diffusent les valeurs clés et la culture du débriefing. D'abord acquises en formation initiale avant d'être appropriées en escadron, ces valeurs deviennent une seconde nature pour les pilotes et les navigateurs. En ce sens, le processus de débriefing encourage une forme de standardisation culturelle des comportements et des attitudes. En particulier, il produit des « facilitateurs » collectifs tels que le contrôle social et la cohésion.



## **ANNEXE 6. L'APPRENTISSAGE ACTION EN ENVIRONNEMENT VIRTUEL DANS L'AVIATION LEGERE DE L'ARMEE DE TERRE**

L'analyse des données recueillies lors de la séance de formation suivie (Encadré A6.1) met en évidence trois résultats. Le premier concerne le découpage du processus d'enquête réflexive en deux phases : lors de la préparation de l'action d'une part ; à l'issue de la réalisation de l'action d'autre part. Le deuxième résultat révèle le rôle déterminant des variables psychologiques et émotionnelles dans le processus d'apprentissage. Le troisième résultat met en évidence l'importance des compétences techniques et sociales des acteurs, en particulier celles qui relèvent de la maîtrise des systèmes de préparation, de communication, et de débriefing.

### **Encadré A6.1. Présentation de la séquence de formation sur EDITH**

J'ai suivi la session de formation de l'un des douze stagiaires en formation sur EDITH. L'exercice (ou la mission) repose sur 6 étapes :

1. Le briefing général.
2. La préparation de la mission.
3. Les conclusions de l'analyse.
4. La présentation de l'ordre initial.
5. La réalisation de la mission.
6. Le débriefing appelé Analyse Après Action (« 3 alphas »).

L'objectif de chaque étape ainsi que son contenu sont prédéfinis. Les rôles tenus par chaque participant à l'exercice au cours des différentes étapes sont également prédéfinis. La session débute par un briefing général qui consiste en une présentation de la mission et des intentions du commandement devant l'ensemble des personnels concernés. Ce briefing dure environ 45 minutes. Il se déroule dans une grande salle, devant une carte géographique de la zone d'opération. L'ensemble des documentations de doctrines, de tactique etc. est accessible. Les personnels présents sont libres d'intervenir et de poser des questions. Une fois le briefing général communiqué par les instructeurs (en présence de tous), le futur CDU, entouré des chefs de patrouille, chefs de bord et ailiers, prépare la mission. Ce travail dure plusieurs heures (4 heures environ). Les tâches de préparation sont attribuées par le CDU aux différents Chefs de patrouille. Le travail s'effectue dans une salle, autour d'une table, en utilisant les cartes, la documentation officielle (doctrine, tactique etc.) et les documents standards à renseigner. Les tâches sont réparties de la façon suivante : un binôme travaille sur

le Milieu (situation géographique et étude du terrain), un autre sur les Amis (localisation, mission, navigation, munitions et capacités etc.), un autre sur les Ennemis (localisation, menaces, tactiques, munitions, comportements etc.) et le CDU se concentre sur la coordination des moyens, la temporalité des actions, la tactique et la manœuvre en vue de réaliser la Mission. Le rôle du responsable Milieu est capital puisqu'il définit la zone d'action, identifie les principaux axes de transport, calcule les temps de trajets des ennemis et des amis et propose l'analyse topographique détaillée du terrain. A l'issue de la phase de préparation, le CDU présente ses conclusions de l'analyse à l'ensemble des acteurs, participants et instructeurs. Il s'agit principalement de demandes relatives à des besoins en moyens humains ou matériels et en renseignements. Le futur CDU doit notamment justifier ses choix auprès du commandement. Il structure son propos en présentant successivement ses objectifs, ses impératifs, ses contraintes et ses besoins et cela pour chaque thème abordé (i.e., Mission, Délai, Terrain, Cas non conformes, Ennemis, Logistique, Météo). Chaque demande est discutée par le commandement et doit être argumentée. Elle peut être accordée ou refusée. A l'issue, le CDU procède à la présentation de l'ordre initial. Il transmet alors aux chefs de patrouille dont il a la responsabilité « sa » traduction de l'intention du commandement au niveau tactique le plus élémentaire. Chaque personnel (ailier, chef de bord, chef de patrouille) prend connaissance de son rôle, de ses capacités, de ses contraintes, et de ses objectifs. La présentation de l'ordre suit un canevas précis. Cette présentation dure environ 30 minutes avant que chaque chef de patrouille ne prépare à son tour son opération. Ensuite, les acteurs réalisent la mission sur EDITH avant de la débriefer collectivement.

### ***I. Un double processus réflexif de dialogue et d'analyse critique***

La formation sur simulateur tactique EDITH offre aux stagiaires l'opportunité (et les moyens) de développer leurs connaissances à travers la détection, la correction et l'analyse de l'erreur dans des situations de travail qui placent l'action au cœur du processus d'apprentissage. Deux séquences peuvent plus particulièrement être distinguées : (i) avant l'action, lors de la préparation de mission ; (ii) après l'action, lors de l'analyse après action (débriefing) de la mission.

#### ***I.1. Avant l'action***

Avant l'action, les individus engagés dans l'exercice participent aux différentes phases de briefing général, de préparation de la mission, et de conclusion de l'analyse. Ces phases reposent sur un processus collectif d'identification et de résolution des problèmes susceptibles

de survenir au cours de la mission. Tous les stagiaires participent aux phases amont de préparation de la mission. Chaque point clef de la mission est discuté et critiqué collectivement. Pendant la phase de préparation, les interactions entre acteurs sont directes et peu formelles, même si l'environnement de travail est, lui, extrêmement formalisé et standardisé (e.g., structure du briefing général ; listes des points clefs préparer ; documents à utiliser ; informations à rédiger ; rôle de chacun).

Lors de la présentation des conclusions de l'analyse, le contenu des échanges et la structure même de l'interaction changent de nature. Le futur CDU s'adresse, non plus à ses collaborateurs, mais au commandement de la mission (rôle joué par les instructeurs, qui sont aussi les supérieurs hiérarchiques des stagiaires). La capacité du futur CDU à gérer un espace de négociation est alors évaluée. Une nouvelle fois, les capacités d'écoute et de dialogue sont essentielles. Toutefois, l'aptitude à l'analyse critique et à la réflexivité sont particulièrement sollicitées. Ainsi, les schèmes de raisonnement du type « si – alors » sont fréquemment mobilisés par les acteurs, le futur CDI justifiant ses demandes en conditionnant les moyens nécessaires à son interprétation des conditions de réalisation de la mission.

## *1.2. Après l'action*

Après l'action, lors de la phase de débriefing (analyse après action), le stagiaire et l'ensemble des parties prenantes à la mission sont invités à participer à l'analyse critique de la mission afin d'en tirer des enseignements (cf. Annexe 2). On touche alors au cœur de l'apprentissage-action. Au cours de cette phase, l'ensemble de la mission est rejouée de façon *transparente* sur écran projeté et les communications radio sont réécoutées. L'analyse après action appelée « trois alphas ») a pour but d'amener le futur CDU à porter un regard critique sur ses décisions et le déroulement de la mission. Les stagiaires sont incités à expérimenter et à porter un regard objectif sur leurs actions et celles des autres lors des différentes phases de la mission (préparation, réalisation et débriefing). La capacité à remettre en cause ses perceptions et son interprétation de la situation tactique est valorisée.

Même si l'attention est focalisée sur le futur CDU, l'ensemble des acteurs de la mission est évalué. Le déroulement de la mission est décomposé, étape par étape, par les instructeurs qui identifient préalablement les moments et les actions critiques (travail réalisé la veille du débriefing). L'évolution de la situation tactique est projetée sur un écran de grande dimension, les instructeurs stoppant le « film » des opérations afin de faire réagir le futur CDU (e.g., navigation, déplacements, conduite face à l'ennemi, décisions de commandement). Ses capacités de perception et de compréhension de la situation sont alors évaluées par les

instructeurs devant tous les participants. Puis, les communications sont réécoutées parallèlement à la projection du film des opérations. Le stagiaire est alors confronté à certaines dissonances cognitives relevant de la mise en évidence de différences de perception entre la situation mémorisée, la situation interprétée au moment de la projection, et la situation réelle. L'identification et l'analyse des erreurs de jugement procèdent de ces allers-retours successifs conduisant à verbaliser différents niveaux de perception. Les enseignements sont alors consignés et le stagiaire est invité à présenter ses propres conclusions de l'exercice.

## ***II. Mise en situation des acteurs : le rôle des émotions***

L'apprentissage-action en environnement virtuel présuppose une mise en situation des stagiaires. Nous avons été frappés par l'extrême concentration des individus participant à l'exercice, notamment le futur CDU évalué. Le réalisme de l'environnement tactique simulé (au-delà des tâches de pilotage, considérées comme secondaires ici) participe de la mise en condition des stagiaires. La pression temporelle est forte et les conditions de réalisation de la mission proches de celles rencontrées sur un théâtre d'opérations. L'articulation des environnements réels (e.g., travail de préparation en salle, reproduction des conditions de vie opérationnelles) et virtuels (e.g., réalisation de la mission en environnement 3D reconstitué à partir de photographies satellite) est perçue de façon naturelle par les stagiaires. Ces derniers oublient rapidement le caractère virtuel de l'exercice. Dans ces conditions, les émotions ressenties par les acteurs (qui ont tous une expérience du terrain) sont (toutes proportions gardées) proches de celles vécues sur un théâtre d'opérations.

La capacité des stagiaires à maîtriser leurs émotions est donc fondamentale. Ces dernières ne sont pas liées aux risques physiques encourus par les individus (ici les notions de danger et de risque ne concernent pas l'intégrité physique des personnes), mais d'avantage à la pression temporelle et au caractère formel de l'exercice (processus de validation d'une qualification indispensable à la progression de la carrière). Les instructeurs en charge de l'exercice interviennent ainsi régulièrement pendant la préparation, voire la réalisation de la mission, pour donner des renseignements nouveaux ou modifier les conditions de l'environnement tactique (e.g., changement des conditions météorologiques). Ils interviennent également pour observer le travail du CDU évalué, l'orienter dans sa réflexion et attirer son attention sur les points clefs. Cette supervision des instructeurs, pour bienveillante qu'elle soit, ajoute de la tension et de l'incertitude qui, à leur tour, alourdissent le contenu émotionnel ressenti par les stagiaires. Enfin, il nous est apparu que la tentation d'occulter certains événements porteurs d'émotions négatives (e.g., la honte, la peur de révéler ses erreurs) est vaine puisque la totalité

de la mission est enregistrée et sera rejouée lors de la phase de débriefing. D'un côté, cela accroît le sentiment d'anxiété et de stress des stagiaires, et notamment du futur CDU, dont les moindres actions et décisions seront décryptées, analysées et discutées d'une façon objective et collective, par ses pairs. D'un autre côté, le sentiment de sécurité est fort chez les stagiaires puisqu'ils savent que l'erreur n'est pas sanctionnée dès lors qu'elle fait l'objet d'une analyse réflexive critique de leur part, dans des conditions objectives et transparentes de restitution de la mission.

### ***III. Maîtrise des systèmes techniques : préparation, communication, analyse***

Les stagiaires évoluent dans un environnement de travail qui mobilise de nombreux systèmes. Ces derniers incluent les aéronefs (dont le comportement est fidèlement simulé), le système EDITH, les communications internes (e.g., avec les membres du SGAM) et externes (e.g., avec le commandement), les procédures normalisées permettant de conduire les différentes phases de la mission (e.g., briefing, préparation, conclusion de l'analyse, débriefing), l'environnement physique (simulé), ou encore les comportements stratégiques (amis et ennemis). Les stagiaires doivent –et sont évalués sur leur capacité à– maîtriser ces systèmes complexes qui renvoient autant à la dimension technique qu'organisationnelle et humaine de leur métier. Il apparaît que la complexité technique est moins liée au système EDITH qu'à l'architecture organisationnelle sur laquelle repose le dispositif opérationnel permettant de conduire la mission.

Cette complexité concerne plus particulièrement trois sous-systèmes : (i) préparation de la mission ; (ii) communication ; (iii) analyse de la mission. Ensemble, ces trois sous-systèmes influencent la capacité des acteurs de mettre en œuvre des actions, d'en évaluer les effets (ou les conséquences) et d'analyser les raisons qui les ont produites. Prenons l'exemple de la capacité des acteurs à gérer les espaces de dialogue et les technologies de communication (notamment radio). Les signaux faibles relatifs à des déviations mineures entre la perception des acteurs et la réalité de la situation tactique sont extrêmement difficiles à détecter lorsque les communications entre le futur CDU et ses chefs de patrouille d'une part, et entre le CDU et le centre de commandement d'autre part, s'avèrent sources d'ambiguïté et, par extension, de défaut de coordination. Lors de la phase de débriefing, ces difficultés liées à la complexité du système de communication contribuent largement à l'explication de certaines dissonances entre la réalité objective de la situation tactique et sa perception par les acteurs.



## **ANNEXE 7. LA TRANSFORMATION DES ORGANISATIONS DE DEFENSE AU SEIN DE L'OTAN**

Pour illustrer la méthodologie de la transformation des organisations militaires au sein de l'OTAN, je prends l'exemple des forces terrestres américaines. Au cours des années 1990, le développement d'une forme organisationnelle permettant de faire face à la complexité des environnements de Défense et de Sécurité est présenté comme l'objectif prioritaire du programme de transformation des organisations militaires américaines. Dans ce cadre, le Pentagone entreprend de transformer radicalement les propriétés organisationnelles des Armées (appelés Services), en particulier celles des forces terrestres. Le choix d'une forme organisationnelle découplée n'étant pas envisageable (le commandement et la conduite des opérations militaires imposent un degré d'intégration non nul entre les unités), la stratégie des autorités américaines consiste à modifier la forme organisationnelle intégrée héritée de la Guerre froide et à développer progressivement une forme organisationnelle qui peut être soit faiblement, soit fortement couplée selon les circonstances opérationnelles.

### ***I. L'U.S. Army : une forme organisationnelle verticalement intégrée***

La forme organisationnelle de l'armée de terre américaine à la fin des années 1990 est proche du modèle de la bureaucratie fonctionnelle décrit par Mintzberg (1989). Il s'agit d'une organisation hiérarchique, verticalement intégrée, stable mais peu flexible. L'architecture fonctionnelle de l'armée de terre américaine repose sur quatre composantes organisationnelles verticalement intégrées : l'Armée, le Corps, la Division et la Brigade. Chaque composante se voit attribuée un niveau de responsabilité et un domaine de compétence qui intègre ceux du niveau inférieur (intégration verticale). Les compétences attribuées à chaque composante sont stables et prédéfinies, et leur emploi est standardisé. La distribution des responsabilités entre les composants ainsi que leur degré d'autonomie reflète exactement l'attribution des moyens et des compétences en matière de commandement et de conduite des opérations le long de la chaîne de commandement. Ainsi l'Armée et le Corps sont responsables des activités stratégiques de planification et de commandement des opérations. Les Divisions sont responsables des activités opérationnelles de planification et de contrôle des missions. Les Brigades sont responsables de la dimension tactique de la planification et de l'exécution des missions. Dans la mesure où l'architecture de l'organisation de l'armée de terre est fondée sur l'intégration verticale des composantes et de leurs domaines de responsabilité, ces dernières forment collectivement une hiérarchie fonctionnelle très centralisée (organisation intégrée fortement couplée). Les interfaces sont essentiellement basées sur des flux de communication

verticaux. Les taux d'interaction entre les composants sont forts, mais peu flexibles, le long de la chaîne de commandement. En revanche, les taux sont faibles, voire nuls, si on considère les communications horizontales entre les composants.

Dans ce modèle, les possibilités d'adaptation des dispositifs organisationnels mobilisables en cas de conflits sont limitées à un petit nombre de configurations pré définies (guerres symétriques de haute intensité). Globalement, les relations d'interdépendance fonctionnelle et informationnelle entre les composantes sont stables : ils n'évoluent pas (à court terme) en réaction aux changements qui surviennent dans l'environnement opérationnel. Cette faible adaptabilité de l'organisation se manifeste par un degré d'interdépendance fonctionnelle élevé, et des degrés d'interdépendance informationnelle faibles horizontalement, et peu flexibles verticalement. Cette propriété est une nouvelle fois le résultat de l'intégration fonctionnelle des composantes. Une organisation intégrée suppose en effet une complémentarité fonctionnelle maximale entre les composantes, et un degré d'interdépendance informationnelle élevée le long de la chaîne de commandement. Dans ce cadre, le partage de l'information est faible entre les composantes et leur autonomie est limitée (comme dans une organisation fortement couplée).

## ***II. Modularité et design organisationnel***

D'après la doctrine des forces terrestres américaines (Tradoc 1995, p.4), « *la modularité est une méthodologie du design des forces qui offrent des éléments interchangeables, extensibles, et optimisés permettant de faire face aux différents besoins de l'armée* ». Le but de la modularisation est d'optimiser le déploiement de dispositifs organisationnels adaptés à chaque situation, en décomposant les ressources et les fonctions allouées aux unités, et en flexibilisant le processus d'organisation des tâches. L'armée américaine espère ainsi que la décomposition de son architecture facilitera le déploiement de dispositifs organisationnels adaptés à chaque mission, fondés sur l'assemblage d'unités autonomes spécialisées et capables d'opérer dans des environnements hostiles et incertains. Les organisations modulaires développent en effet des qualités particulièrement utiles dans des contextes d'action complexes et fragmentés, notamment l'adaptabilité, la stabilité et l'efficacité.

Pour modifier son architecture, l'armée américaine applique deux méthodes qui reposent explicitement sur l'exploitation des principes de (quasi) décomposition et d'assemblage flexible propres aux organisations modulaires. La première méthode considère le design d'unités autonomes considérées comme des ensembles non décomposables de ressources (e.g., matériels, équipements, personnels), chaque ensemble représentant une fonction

complète. La seconde méthode insiste davantage sur la combinaison de fonction dans le but de définir l'architecture de chaque dispositif organisationnel (e.g, bataillon, brigade, division, armées, corps d'armée). Si la première méthode s'attache à définir les compétences de base des composants de la force modulaire, la seconde méthode s'intéresse davantage à l'architecture qui « fixe » le degré d'interdépendance fonctionnelle entre les composants.

Concrètement, le processus de décomposition de l'architecture des forces terrestres américaines se traduit par une diminution du nombre d'échelons hiérarchiques, et par un transfert de compétences au profit des Brigades. L'architecture organisationnelle de la future armée américaine ne compte plus que deux composants (au lieu de quatre dans le modèle d'organisation verticalement intégrée) :

- Les Unités d'Emploi (UE) qui émergent de la fusion d'une partie des ressources (personnels, matériels, équipements) jusqu'alors allouées aux Armées, aux Corps et aux Divisions,
- Les Unités d'Action (UA) qui résultent de la fusion d'une partie des ressources (personnels, matériels, équipements) jusqu'alors attribuées aux Divisions et aux Brigades. Dans ce cadre, le *Stryker Brigade Combat Team* (SBCT) est considérée comme l'unité d'action de référence de la future architecture modulaire (concept de brigade intermédiaire).

Dans la nouvelle architecture, la division des responsabilités en matière de conduite des opérations a été élargie afin d'inclure dans le domaine de compétences des Unités d'Emploi (UE) le commandement d'une force interarmées, voire multinationale. Chaque composante de la force est conçue comme une unité autonome capable de commander et de conduire une mission dans le cadre de la gestion d'une opération. La finalité du processus de design organisationnel n'est donc plus prédéfinie : la forme organisationnelle du dispositif déployé en opérations correspond à chaque situation particulière et évolue en fonction de l'évolution des circonstances opérationnelles. Parallèlement à l'architecture de l'organisation, les interfaces de communication doivent également être modifiées. La décomposition de l'architecture fonctionnelle de l'organisation de l'armée de terre suppose en effet l'implémentation d'interfaces de communication qui facilitent la distribution horizontale et verticale de l'information, et améliorent la coordination des actions d'unités autonomes, géographiquement dispersées.

En théorie, l'association d'une architecture modulaire et d'interfaces « réseau centrées » doit permettre aux organisations militaires de gagner en rapidité et en flexibilité, et d'ajuster chaque « manœuvre » (e.g., engagement d'une cible) *pendant* l'exécution de la mission. Les changements de coordonnées des cibles peuvent par exemple être intégrés quasiment en « temps réel » grâce aux progrès des technologies de guidage et de fusion des données. Les boucles de décision sont largement automatisées afin de libérer le combattant de certaines tâches cognitives répétitives, et de maîtriser le tempo des opérations. L'exploitation des technologies « réseau centrées » pousse d'ailleurs l'organisation à combiner une grande diversité de systèmes dédiés à l'accomplissement des tâches spécifiques de prise de décision ou de travail en coopération (e.g. systèmes de décision programmables, procédures de gestion « en temps réel », outils de partage des connaissances).

En pratique, on observe un renouvellement progressif des modèles de leadership en raison de la flexibilité accrue des modes de distribution de l'autorité et de partage des connaissances au sein de la nouvelle. Avec le déploiement des technologies de communication en réseau, les acteurs de terrain (niveau tactique) accèdent à des informations jusqu'alors centralisées aux niveaux supérieurs (opératif, voire stratégique). La traditionnelle césure entre commandement et conduite des opérations s'estompe dans la mesure où les lignes hiérarchiques et les frontières organisationnelles deviennent poreuses. Dès lors, la construction et le partage d'une conscience de la situation apparaît essentielle. Celle-ci doit être partagée, c'est-à-dire assise sur une compréhension non ambiguë, d'une part, de l'intention du commandement aux différents niveaux décisionnels et, d'autre part, des tâches, des contraintes et des besoins des autres acteurs et unités. Les forces de l'OTAN ont ainsi investi massivement dans la codification des connaissances à travers l'édiction de *standards*. La standardisation concerne l'ensemble des dimensions du commandement et de la conduite des opérations en environnement collaboratif distribué. L'interopérabilité des organisations, des technologies et des modèles d'action est une condition préalable à la collaboration interarmées et internationale.

## ANNEXE 8. LE DEVELOPPEMENT D'ARPANET : PREMIER RESEAU DE TELECOMMUNICATION NUMERIQUE

Avec l'intensification de la Guerre Froide dans les années 1950, le financement des travaux de recherche dans le domaine des technologies de l'information et de communication (e.g., ordinateurs, réseaux, satellites) est devenu une priorité du gouvernement américain. L'agence ARPA (*U.S. Advanced Research Project Agency*) a été créée en 1958 par le Département de la Défense américain pour piloter les projets qu'il finance et maintenir la supériorité technologique des forces armées américaines en matière de communication, de commandement et de conduite des opérations. L'une des réalisations les plus abouties de l'agence ARPA concerne le développement du premier réseau de communication distribué et de partage des ressources informatiques : ARPANET.

Le concept d'interactions sociales supportées par des réseaux d'ordinateurs interconnectés sur de longues distances émerge au début des années 1960. En 1962, Joseph C.R. Licklider et David D. Clark, tous deux chercheurs au *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), envisagent pour la première fois un ensemble d'ordinateurs interconnectés permettant d'accéder rapidement aux données et aux programmes stockés localement à partir de n'importe quel nœud du réseau ainsi formé. Très rapidement, Licklider devient le premier directeur du bureau chargé du programme de recherche sur les technologies informatiques et de télécommunications au sein de l'ARPA : l'*Information Processing Techniques Office* (IPTO). Alors en poste au sein de l'IPTO, il défend le concept d'un réseau de communication « décentralisé » composé d'ordinateurs interconnectés comme étant à la fois plus performant et plus fiable que les concepts concurrents dits « centralisés » ou « en étoile » (Leiner et al., 1997). A cette époque, les centres de recherche et/ou les entreprises capables de connecter des ordinateurs physiquement distants afin de partager des ressources sont peu nombreux (BBN, 1981, II-5). A titre d'illustration, le chargement de données entre ordinateurs séparés géographiquement nécessite des compétences et savoirs faire que seuls deux acteurs maîtrisent : l'université de Los Angeles (UCLA, *Western Data Processing Center*) et les Laboratoires Bell. En 1964, Paul Baran et ses collègues chercheurs au sein de la *Rand Corporation* (Santa Monica), un *think tank* affilié au Département de la Défense américain, explorent les conditions du déploiement de réseaux de communication hautement fiables et développent le concept de communication distribuée (Baran, 1964). Deux ans plus tard, Lawrence Roberts et Thomas Marill (*Computer Corporation of America* CCA, Cambridge Massachusetts), appliquent la théorie des « packet switching » de Leonard Kleinrock (MIT)

et démontrent empiriquement la faisabilité de communications à distance de « paquets » d'informations plutôt que des circuits (Kleinrock, 1964). Cette expérimentation (Roberts et Marrill, 1966) montre que les ordinateurs connectés peuvent travailler ensemble en temps réel et de façon synchrone, lancer des programmes informatiques en parallèle et rechercher des données stockées à distance sur d'autres ordinateurs. A la fin de l'année 1966, Lawrence Roberts rejoint l'ARPA pour développer le projet de réseau de communication de l'agence. Il publie son « plan » pour l'ARPANET dans un mémorandum intitulé « Multiple Computer Networks and Intercomputer Communication » qu'il présente lors de la conférence ACM (*Association for Computing Machinery*) de Gatlinburg en octobre 1967.

En 1969, Lawrence Roberts devient responsable d'un programme financé par l'ARPA-IPTO intitulé « Resource Sharing Computer Networks » dont les objectifs généraux consistent à développer les technologies et le savoir faire dans le domaine de la mise en réseau des ordinateurs, et à améliorer la recherche appliquée en informatique (BBN, 1981, II-2). Plus concrètement, ce programme a pour but de financer et de coordonner les efforts de recherche dans les domaines des réseaux et de la communication distribuée, et de sélectionner les industriels capables de développer l'architecture du futur réseau ARPANET (BBN, 1981, II-10). Au début de l'année 1969, le gouvernement américain publie l'appel d'offre qui marque le lancement officiel du projet. L'entreprise Bolt Beranek et Newmann (BBN) est choisie pour développer les interfaces. Les interfaces sont des composants critiques du réseau puisqu'ils permettent à des sites hôtes distincts de communiquer via une simple ligne téléphonique. En Août 1969, sept mois après avoir remporté l'appel d'offre, BBN achève le développement des interfaces IMP (*Interface Message Processor*). En septembre 1969, un premier protocole de communication « hôte-interface » (Host-IMP) est défini conjointement par les chercheurs de l'université de Californie (UCLA) et BBN. Leonard Kleinrock (UCLA) reçoit alors la première interface IMP et devient le premier nœud de ce qui constitue le sous réseau expérimental « ARPANET » (SUBNET). Un mois plus tard, Douglas Engelbart de l'université de Stanford (*Stanford Research Institute, SRI*) est sélectionné pour devenir le deuxième nœud du réseau en charge du recueil et de la mise en ligne des données relatives à son fonctionnement. Ces données proviennent directement des interfaces IMP et du *Network Measurement Center* (NMC-UCLA). Deux sites supplémentaires sont ensuite sélectionnés pour compléter l'architecture du sous réseau expérimental : il s'agit des laboratoires de Glen Culler et Burton Fried de l'université de Santa Barbara (UCSB) et de Bob Taylor et Ivan Sutherland de l'université de l'Utah (UCU). Le choix des nœuds du réseau expérimental

(SUBNET), bien que crucial, est avant tout gouverné par des considérations pragmatiques et techniques. En décembre 1970, le protocole de communication du réseau ARPANET, le *Network Control Protocol* (NCP), est finalisé par le *Network Working Group* (NWG) qui rassemble des représentants de l'IPTO, des sites hôtes (*e.g.*, UCLA, SRI, UCSB, UCU) et des entreprises spécialisées dans la recherche appliquée (*e.g.*, BBN).

A partir de cette date, des ordinateurs supplémentaires sont rapidement connectés et l'essentiel des efforts de R&D –mené par le NWG- consiste alors à standardiser les protocoles de communication et à développer les technologies logicielles facilitant l'accès et l'utilisation du réseau pour un nombre croissant d'acteurs. En octobre 1972, une démonstration publique du réseau est organisée à Washington par l'IPTO. La capitale américaine accueille la première *International Conference on Computer Communications* (ICCC). Robert Kahn (*Stanford Research Institute*, SRI) installe une interface IMP dans un hôtel de la ville. Plus de quarante terminaux informatiques sont installés permettant l'accès à des douzaines d'ordinateurs dispersés à travers tout le pays (Roberts, 1985). Chaque site est invité à participer. Une simulation portant sur le contrôle du trafic aérien entre sites distants est notamment organisée avec succès, démontrant l'utilité du réseau, la faisabilité des communications à distance et la fiabilité de la théorie des « packet switching ». Dès lors, les utilisateurs du réseau ARPANET commencent à développer des applications commerciales. En 1974, un langage commun permettant de connecter les réseaux (« Internetting ») est proposé par une équipe de scientifiques de Stanford sous la supervision de Robert Kahn et de Vinton Cerf. Ce langage, connu sous le nom de *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (TCP/IP), permet à différents réseaux de partager des ressources et de communiquer via des passerelles. En 1983, ARPANET, bientôt suivi par d'autres réseaux spécialisés (*e.g.*, NSF-NET le réseau de la *National Science Foundation*) adopte le standard TCP/IP : c'est la naissance officielle d'INTERNET (Kleinrock, 2008).



## ANNEXE 9. L'EVOLUTION DE L'INDUSTRIE SPATIALE

Le lancement du premier satellite artificiel *Sputnik 1*, le 04 octobre 1957, marque la naissance de l'industrie spatiale. Avec le lancement de *Sputnik 1*, l'industrie de Défense Russe donne naissance au premier domaine d'application de la technologie spatiale : la Recherche et Technologie (R&T). Quatre autres domaines d'application vont suivre. Toujours en 1957, les militaires Russes lancent *Sputnik 2* avec, à son bord, la chienne Laïka. *Sputnik 2* sera le premier satellite du domaine d'application Recherche Scientifique (RS). En 1959, l'agence américaine DARPA (*Defense Advanced Research Project Agency*) finance le premier satellite espion et donne naissance au domaine d'application Observation de la Terre (OT). Puis, en 1960, les militaires Russes et Américains lancent les premiers engins spatiaux respectivement dans les domaines d'applications Engins Pilotés (EP) et Navigation (N). Le seul domaine d'application qui n'a pas été créé suite à une commande militaire est celui des Télécommunications (T) dans lequel l'agence spatiale américaine NASA (*National Air and Space Agency*) a devancé le département de la Défense américain (DoD) de deux mois.

### *I. Caractéristiques de l'industrie spatiale*

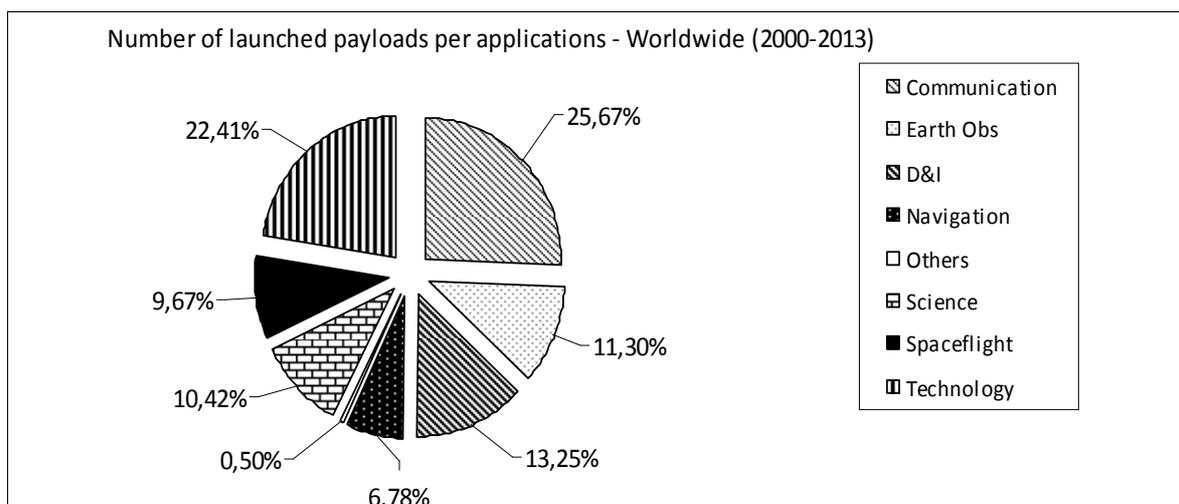
Le tableau A9.1 présente pour chacune des 6 principales applications le nombre total d'engins spatiaux lancés entre 1957 et 2011.

<b>Application</b>	<b>Nombre total d'engins spatiaux</b>
Observation de la Terre	2387
Télécommunication	1997
Recherche & Technologie	1009
Recherche scientifique	750
Engins pilotés (hors lanceurs)	568
Navigation	421
<b>Total</b>	<b>7132</b>

**Tableau A91.** Nombre total de lancements par domaine d'application entre 1957 et 2011

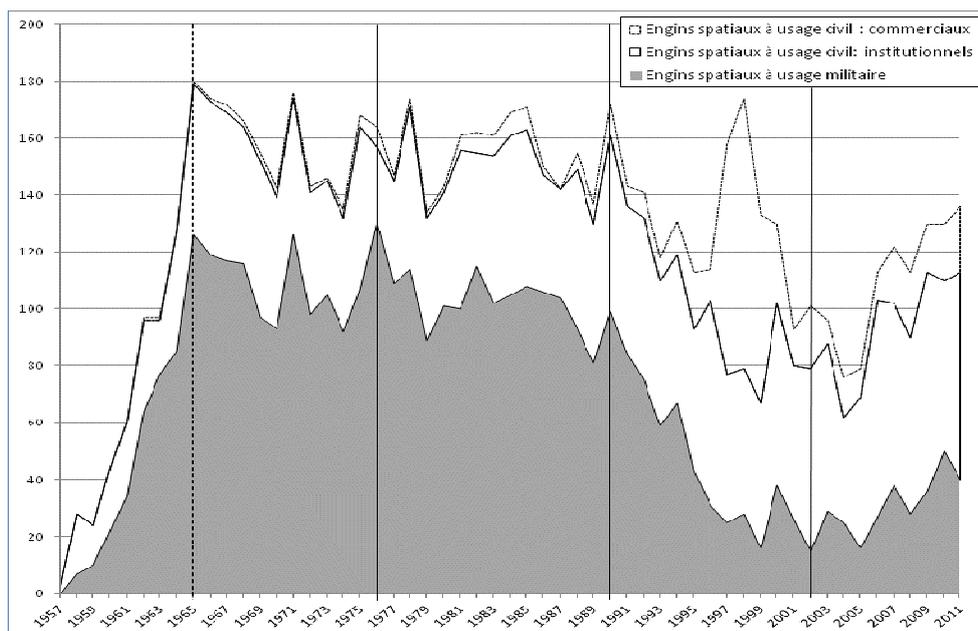
On observe que les domaines d'applications les plus représentées sont l'Observation de la Terre (environ 33% du total des lancements) et les Télécommunications (28%). Dans la première catégorie, on trouve en majorité des satellites qui permettent de conduire des

opérations d'espionnage (photo, écoute), puis suivent les satellites météorologiques et d'Observation de la Terre civils. L'application Télécommunications est composée de satellites qui supportent l'infrastructure permettant notamment de téléphoner et de regarder la télévision. Les 4 autres types d'applications sont moins représentés. Pour la période 2000-2013, la répartition des lancements par type d'application est présentée dans la figure A9.1. Le poids relatif des six applications « historiques » dans les volumes de lancement d'engins spatiaux a changé. Les deux principales applications de la technologie spatiale sont à présent Télécommunication et R&T (technologie).



**Figure A9.1.** Distribution des lancements par applications (2000-2013)

Au-delà de la décomposition de l'industrie spatiale en différents domaines d'application, le critère de l'usage des engins spatiaux (civil ou militaire) permet de mieux apprécier la structure de l'industrie ainsi que son évolution au cours du temps. La figure A8.1 présente l'évolution de la population des engins spatiaux lancés entre 1957 et 2011 selon le critère de l'usage (civil ou militaire) et de l'identité du client (commercial ou institutionnel). Si 54% des engins spatiaux lancés sur la période sont à usage militaire, on observe toutefois un effondrement du volume des commandes militaires à partir de 1990 (fin de la Guerre Froide). Parmi les engins spatiaux à usage civil, 81% ont été financés par des clients institutionnels comme des agences spatiales, des universités, des associations de radio amateurs mais aussi des ministères de la Défense. Les opérateurs de satellites commerciaux ont donc un poids relatif assez faible entre 1957 et 2011. En revanche, celui-ci croît fortement au cours de la dernière décennie (le pic est atteint avec la crise de 2001).



**Figure A8.2.** Evolution du nombre de lancements d’engins spatiaux selon leur usage (1957–2011)

Au final, on dénombre une trentaine de pays qui possèdent ou ont possédé au moins 1 engin spatial entre 1957 et 2011. Deux nations dominent toutefois l’industrie spatiale : l’Union Soviétique (devenue la Fédération de Russie) représente la moitié des lancements tandis que les Etats-Unis sont responsables du quart (26%) des engins spatiaux lancés. Ces deux nations dominent toujours l’industrie spatiale mondiale comme l’atteste le tableau A9.2 qui présente les caractéristiques de l’industrie spatiale mondiale pour la période 2000-2013.

	U.S.A.	Russie	U.E..	Chine
Nombre d’engins lancés	412	628	195	160
<i>Clients militaires (%)</i>	34.7%	12.9%	13.3%	14%
<i>Clients institutionnels (%)</i>	47.1%	55.4%	29.2%	82%
<i>Clients privés (%)</i>	18.2%	31.7%	57.4%	4%
Lancements domestiques (%)	92%	42%	52%	92%
Applications commerciales (clients domestiques et non domestiques) (%)	19%	35%	57%	4%

Applications civiles (clients institutionnels et privés) (%)	65.3%	87.1%	86.7%	-
--	-------	-------	-------	---

**Tableau A9.2.** Caractéristiques de l'industrie spatiale dans les quatre Nations spatiales (2000-2013)

## ***II. Quatre phases dans l'évolution de l'industrie spatiale entre 1957 et 2011***

En croisant les informations relatives aux usages et aux volumes des engins spatiaux lancés entre 1957 et 2011, nous pouvons identifier quatre phases dans l'évolution de l'industrie spatiale: *la course à l'espace (1957-1976)*, *l'entrée des non-alignés (1976-1990)*, *le désengagement du militaire (1990-2002)* et *le retour du militaire (2002-)*. Ces phases correspondent à des séquences historiques spécifiques du développement de l'industrie spatiale dans lesquelles les organisations de Défense jouent un rôle particulier (elles ne reflètent donc pas la décomposition de l'évolution de l'industrie sur le modèle du cycle de vie).

### *La course à l'espace (1957-1976)*

La première phase (1957-1976), que nous appelons *La course à l'espace*, est une manifestation de la Guerre Froide, les acteurs du spatial (notamment l'URSS et les USA) poursuivant essentiellement des objectifs militaires et de prestige (McDougall, 1982, 1985 ; McQuaid 2006 ; Bizony 2007). Cette période est marquée par le rôle dominant des acteurs militaires en matière de lancement d'engins spatiaux puisque 67% des engins spatiaux lancés sont à usage militaire. L'implication des organisations de Défense est telle que 74% du total des lancements au cours de cette période ont été financés par les militaires. Entre 1957 et 1965, on assiste à l'arrivée d'un nombre très limité d'acteurs. Les satellites Alouette (1962) et Asterix (1965) permettent respectivement au Canada et la France de rejoindre les Russes et les Américains parmi les nations qui disposent d'engins spatiaux en orbite. C'est aussi pendant cette période que vont apparaître les premiers acteurs civils. En 1958, la NASA finance Pionner 1 avec l'aide du département de la Défense américain (DoD) et prendra en charge par la suite le programme Apollo (1961-1975) qui reste à ce jour le plus grand programme spatial. En 1962, AT&T finance le premier satellite commercial et donne ainsi naissance au segment civil commercial. A partir de 1965, on observe une stabilisation du nombre de lancements (160/an environ) ainsi que l'arrivée de nouveaux entrants, civils et militaires. Parmi les acteurs militaires, on peut citer l'arrivée du ministère de la Défense du

Royaume-Uni (1969), de l'OTAN (1970) et de la Chine (1973). En ce qui concerne les acteurs civils, on observe l'arrivée du Japon (1966), de Europe spatiale (1967), de la Chine (1970) et de l'Inde (1975).

#### *L'entrée des non-alignés (1976-1990)*

La deuxième phase (1976-1990), que nous appelons l'*Entrée des non-alignés*, traduit la volonté de certaines nations spatiales secondaires d'affirmer leur souveraineté vis-à-vis des deux super puissances (McDougall 1985). Ainsi la France et la Chine vont considérer que la maîtrise des technologies spatiales est un élément clé de cette souveraineté. Cette période est également caractérisée par le doublement du pourcentage d'engins spatiaux financés par des clients commerciaux (ceux-ci cherchent à faire des profits en louant leurs infrastructures) : 3,33% contre 1,67% pour la période précédente (1957-1976). On observe ainsi l'arrivée de plusieurs nouveaux clients commerciaux comme Hughes Communication (1983) et la Société Européennes des Satellites (1988). En ce qui concerne les pays finançant des engins spatiaux à usage militaire, le seul nouvel entrant est Israël (1988).

#### *Le désengagement du militaire (1990-2002)*

La troisième phase (1990-2002), que nous qualifions de *Désengagement du militaire*, marque un changement radical des niveaux de commandes et une évolution majeure de la structure de l'industrie. A partir de 1990, on constate un effondrement du nombre de lancements d'engins spatiaux à usage militaire. Pour la première fois depuis 1957, les engins spatiaux à usage militaire ne représentent plus que 35,21% du total des lancements sur la période considérée. Dans le même temps, la hausse du nombre de lancements d'engins civils est plus marquée lorsqu'ils ont une finalité commerciale. De 6,5 lancements commerciaux par an sur la période 1976-1990, on passe à 29 lancements par an sur la période 1990-2002. On observe ainsi l'arrivée de plusieurs nouveaux clients commerciaux dont 9 résultent de la commande d'un premier satellite de télécommunication par une nouvelle nation spatiale. Ces nations sont en majorité des pays en voie de développement comme le Pakistan (1990), la Thaïlande (1993), la Turquie (1994) ou encore l'Égypte (1998). Du côté des clients militaires, la baisse des commandes concernant avant tout les Russes et les Américains. On observe toutefois l'arrivée de 2 nouveaux ministères de la Défense, français (1995) et italien (2001).

#### *Le retour du militaire (2002-2011)*

La quatrième et dernière phase débute en 2002 et se poursuit encore aujourd'hui. Cette phase est marquée par le retour des usages militaires dans les activités spatiales. Après un plus bas

historique de 15 engins spatiaux à usage militaire lancés en 2002, on atteint 40 engins en 2011. Ce *Retour du militaire* est notamment dû à la volonté des puissances moyennes, ou en devenir, de tirer parti du spatial puisque les Russes et les Américains n'ont pas augmenté leurs volumes de lancements. On observe d'une part une présence plus forte de la France, d'Israël et de la Chine, d'autre part on observe l'arrivée de nouveaux pays qui se veulent actifs comme le Japon (2003) et l'Allemagne (2006). Dans le domaine civil, l'arrivée de nouveaux pays en voie de développement se poursuit, permettant aux lancements d'engins spatiaux à usage civil de croître rapidement. On observe ainsi l'arrivée que 8 nouveaux pays dont l'Algérie (2002), le Nigéria (2003) le Venezuela (2008) ou encore le Viêtnam (2008).

### ***III. Résultats de l'étude de cas***

#### ***III.1. La légitimité de l'industrie spatiale au cours du temps***

Pendant la première phase dite de *course à l'espace* (1957-1976), les activités spatiales tirent leur légitimité du fait qu'elles sont considérées par chacune des superpuissances comme un moyen privilégié permettant d'atteindre leurs objectifs de puissance et de prestige. Entre 1957 et 1965 notamment, on observe une progression très rapide du nombre de lancements avec un pic de 180 lancements atteint en 1965. Les sommes importantes investies par les clients institutionnels pour faire naître une industrie spatiale ont été justifiées par le fait que l'URSS et les USA pensaient que le spatial pouvait être un moyen de prendre l'ascendant sur l'ennemi. En créant un nouveau type de clients institutionnels (agences spatiales) et en réorientant les dépenses des clients existants (*NI-88, DARPA, U.S. National Reconnaissance Office, US Navy, US Department of Energy*), les instances politiques et les organisations militaires ont donné à l'industrie spatiale sa légitimité institutionnelle, politique et économique. En passant des commandes très importantes auprès des firmes aéronautiques existantes, les organisations de Défense ont ainsi favorisé l'émergence de l'industrie spatiale en lui conférant une forte légitimité externe, à la fois institutionnelle et politique.

A partir de 1976, on observe peu à peu un affaiblissement de la légitimité des activités spatiales civiles alors que les activités militaires conservent un haut niveau de légitimité. C'est aux Etats-Unis qu'on observe le mieux cet affaiblissement. Désormais, après l'abandon du programme Apollo, les programmes institutionnels civils doivent justifier de leur utilité car les agences comme la NASA sont en concurrence avec d'autres organisations gouvernementales civiles pour obtenir des fonds. Il faut que les activités spatiales civiles génèrent des retombées économiques (Logsdon, Launius, Onkst et al., 1998). De plus, la NASA est amenée à limiter ses activités dans les domaines Télécommunications et

Observation de la Terre (Ruttan, 2006). Dans ces domaines, le gouvernement américain estime que la NASA fausse le jeu naturel de la concurrence et freine l'émergence d'applications spatiales économiquement viables. Cette perte de légitimité sociopolitique a conduit la NASA à chercher d'autre source de légitimité, avec des résultats mitigés (McQuaid, 2006). Au cours des années 1980, l'industrie spatiale souffre en effet d'une faible légitimité individuelle et collective. Cette industrie n'a pas réussi à perdre son image d'industrie exotique notamment du fait de la nature de l'environnement où sont consommés les produits qu'elle réalise. D'une part, les contraintes imposées par l'environnement spatial conduisent à faire des choix technologiques, organisationnels et institutionnels qui freinent le partage de connaissances avec les acteurs d'autres industries. D'autre part, l'environnement spatial reste fondamentalement abstrait pour les non initiés, ce qui constitue un coût d'apprentissage important pour la construction d'un référentiel commun.

A partir de 1990, l'évolution des motivations de la demande (montée en puissance des usages commerciaux) modifie les formes de légitimation. La légitimité de l'industrie spatiale devient moins marquée par les décisions politiques que par le comportement des acteurs économiques. L'industrie spatiale tire alors une large part de sa légitimité en se rapprochant d'industries connexes comme celles des télécommunications, et en favorisant l'arrivée de nouveaux clients civils. Désormais l'industrie spatiale tient sa légitimité d'acteurs plus versatiles. La baisse très forte du nombre de lancements commerciaux après l'explosion de la « bulle Internet » en témoigne.

### ***III.2. Spécificités nationales des industries spatiales***

Historiquement, il est possible de distinguer trois « modèles » d'organisation de l'industrie spatiale selon le degré d'implication et de contrôle des pouvoirs publics, notamment des organisations militaires. Le premier modèle est celui proposé par les deux superpuissances qui ont lancé des milliers d'engins spatiaux, ainsi que par la Chine. Ici les organisations militaires jouent un rôle prépondérant, au moins jusqu'en 2000. D'une part, les militaires soutiennent l'industrie domestique grâce à leurs commandes massives et régulières. D'autre part, les clients militaires se substituent en partie aux clients civils dans la promotion des applications spatiales à usage civil. Il est intéressant de remarquer que parmi les engins spatiaux financés par les militaires et qui ont donné naissance à un domaine d'application, plusieurs étaient à usage civil. Cela concerne notamment les domaines d'applications Recherche et Technologie, Recherche Scientifique et Engins Pilotés. Le deuxième modèle est celui des puissances spatiales moyennes qui ont lancé entre 20 et 200 engins spatiaux. Ici on trouve des nations

comme la France, le Japon, l'Inde et l'Allemagne. Dans ce modèle, le soutien de l'industrie est avant tout réalisé par des clients intentionnels civils comme les agences spatiales. Le financement d'engins spatiaux par les militaires intervient dans un deuxième temps et déborde très peu vers les usages civils<sup>29</sup>. Le troisième modèle est celui mis en œuvre par les petites nations spatiales (moins de 15 engins spatiaux lancés entre 1957 et 2011). Ces nations sont généralement des pays en voie de développement parmi lesquels on trouve en outre le Brésil, la Thaïlande et la Turquie. Dans ces pays, les premiers engins spatiaux sont des satellites commerciaux financés par des clients qui sont ou qui ont vocation à devenir des firmes privées (e.g., Embratel, Türksat, Shin Satellite). Ces clients, généralement soutenus par les pouvoirs publics, permettent de stimuler une industrie spatiale domestique encore en développement. Dans ce dernier modèle, le rôle de soutien des militaires est plus faible car ils font très peu de commandes en leur nom.

Quel que soit le pays considéré, l'industrie spatiale suppose une implication forte des pouvoirs publics. Une fois les objectifs validés au niveau politique, tous les acteurs privés et publics s'y conforment. Le coût des programmes spatiaux suppose également le déploiement de structures centralisées facilitant la mobilisation des ressources domestiques et favorisant la coordination des décisions. En ce sens, l'organisation industrielle dans les pays capitalistes n'est pas si différente de celle mise en place dans les pays communistes. Plus que l'identité du client ou la nature de l'usage, c'est l'atteinte d'objectifs liés au prestige politique, à la sécurité nationale ou à la recherche de retombées économiques qui guide les choix des acteurs en matière de lancement d'engins spatiaux. La centralisation des décisions est toutefois plus forte dans les pays communistes. On y observe également une perméabilité plus importante entre les intérêts privés et les objectifs politiques. Il est ainsi difficile de faire la distinction entre les organisations civiles et militaires en Union Soviétique et en Chine. De plus, des organisations comme l'OKB-1 en Union Soviétique et la CASC en Chine ont financé et construit aussi bien des engins spatiaux à usage civil que militaire.

Au cours de la période 2000-2013, on observe une tendance à la transformation de l'industrie spatiale mondiale dans le sens d'une internationalisation accrue des transactions, d'un rééquilibrage des commandes entre clients non gouvernementaux et gouvernementaux et du

---

<sup>29</sup> A titre d'exemple, le premier engin spatial français a été lancé en 1965 et était conçu pour un usage civil. Il a fallu ensuite attendre 1995 pour que la Direction Générale de l'Armement (DGA) finance le lancement de son premier engin.

développement des offres commerciales. Toutefois, des différences persistent au niveau de la structure nationale des industries spatiales. Si on observe le nombre d'engins spatiaux *lancés* depuis les infrastructures domestiques des grandes Nations spatiales, deux groupes de Nations apparaissent : le premier groupe, composé de l'Union Européenne et de la Russie, dispose d'une économie spatiale ouverte, internationalisée, commerciale et civilianisée. Le second groupe, composé des USA et de la Chine, montre une structure industrielle alignée sur le modèle hérité de la Guerre Froide : une majorité des lancements domestiques est réalisée pour des clients domestiques gouvernementaux (notamment militaires) et motivés par des applications non-commerciales de la technologie spatiale. En revanche, si on retient le critère du *financement* des engins spatiaux, et non pas celui du *lancement*, alors les économies spatiales américaines et européennes partagent les attributs de l'ouverture internationale, et de l'équilibre entre clients gouvernementaux et non gouvernementaux d'une part, et applications commerciales et non commerciales d'autre part.



## ANNEXE 10. LE CYCLE DE VIE DES ECOSYSTEMES D’AFFAIRES : LE CAS SOPHIA ZEN

### I. Présentation du cas Sophia Zen

Ce projet de développement d’un écosystème-plateforme NFC (*Near Field Communication*) conduit dans la région de Sophia-Antipolis a regroupé plusieurs acteurs : la société de services en ingénierie informatique (SSII) GFI Informatique<sup>30</sup> (GFI), l’Université de Nice Sophia-Antipolis (UNS), le réseau de transports en commune de Sophia Antipolis (Envibus) et la Communauté d’Agglomération de Sophia-Antipolis (CASA). Il a eu pour finalité de déployé un service de covoiturage dynamique couplant deux plateformes technologiques. Plus précisément, le projet Sophia-Zen consiste en une plateforme de type biface ou multiface (Rochet et Tirole, 2006) mettant en relation trois groupes d’acteurs (cf. figure A10.1) :

- des salariés ou touristes d’affaires en situation de mobilité entre eux,
- des salariés ou touristes d’affaires en situation de mobilité et les entreprises de la technopole Sophia-Antipolis,
- des salariés ou touristes d’affaires en situation de mobilité et la technopole Sophia-Antipolis.

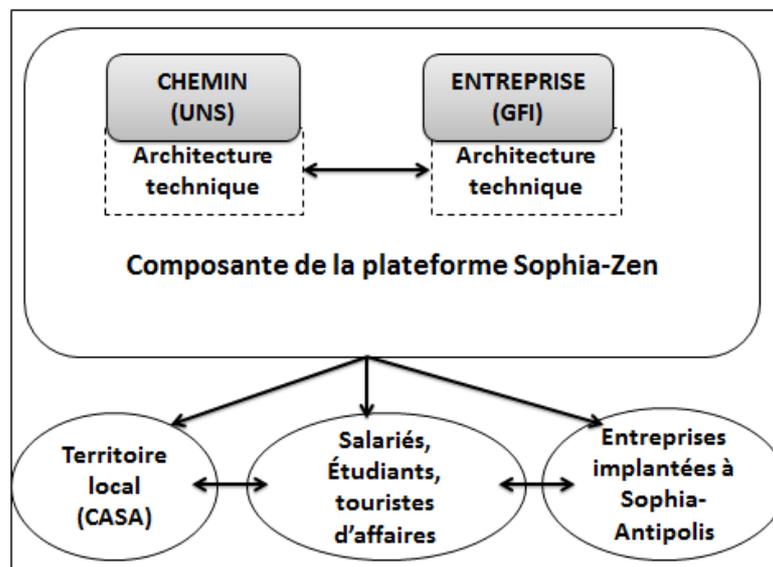


Figure A10.1. Le cas Sophia-Zen

<sup>30</sup>Acteur européen de référence des services informatiques à valeur ajoutée et des logiciels.

Le projet combine deux plateformes existantes. La première, la plateforme CHEMIN (Chemins de l'Histoire E-guidés par Mobiles Intégrants le NFC), propose un service destiné aux personnes en situation de mobilité sur la technopole. Elle est déployée par l'UNS et est constituée d'un service d'informations multimédias (vidéos, audio, photos) reçus ou produits sur le téléphone mobile personnel et d'un service de géo localisation. Cette première offre de service a pour finalité de guider les personnes en situation de mobilité sur un chemin culturel, historique ou communautaire. Il propose différentes options de traverse et de promenade réelle dans des espaces 'virtuels'. Ce premier service consiste donc à permettre aux utilisateurs de faire une visite guidée, grâce à un système de bornes dotées de tags NFC positionnées à des endroits importants d'une ville. Les personnes en situation de mobilité munies d'un téléphone mobile NFC ou compatible pourront donc suivre un chemin prédéfini et avoir une description des lieux (vidéos, audio, photos, commentaires associés à une borne).

La deuxième plateforme, appelée ENTREPRISE, est déployée par GFI. Elle a pour point de départ l'application gratuite pour iPhone « TPG » (Transports Publics Genevois) qui indique, en temps réel, les prochains passages des bus de la ville de Genève grâce à leur position GPS exacte. L'objectif de GFI est de rendre cette solution multimodale en lui associant un système de géo localisation identique au système de localisation mondial (le *Global Positioning System* – GPS) mais spécifique à la technopole. Il vise en particulier à résorber les inconvénients liés au GPS normal qui peut ne pas donner la position exacte ou ne pas connaître le lieu recherché. En plus de pallier ce manque de précision, la plateforme ENTREPRISE est une solution mettant à jour les positions et descriptions des entreprises (en cas de déménagement d'une entreprise sur la technopole de Sophia-Antipolis par exemple). Ce deuxième service permet aux employés mais aussi aux touristes d'affaires de s'orienter et de s'informer en temps réel sur une zone d'activité ou d'entreprises. Plus précisément, la plateforme ENTREPRISE propose deux solutions. Un plan embarqué pour s'orienter (la solution « Je suis perdu ») et une solution de covoiturage dynamique qui permet aux employés de communiquer entre eux en temps réel et de faciliter leur déplacement (fiche horaires des bus, parcours emprunté), info trafic, covoiturage, etc. (la solution « Je me déplace »). Elle permet en outre aux entreprises de la technopole d'annoncer des événements.

## ***II. Résultats de l'étude de cas***

### ***II.1. La naissance de l'écosystème : génération des connaissances***

La première séquence de la naissance du projet Sophia-Zen s'apparente à une phase de socialisation sous la forme d'une séance de brainstorming entre les différents membres de

l'équipe projet (trois chefs de projets et un responsable scientifique). Il s'agit d'une phase d'idéation au cours de laquelle les chefs de projets échangent des connaissances acquises lors des projets antérieurs. Ces connaissances collectives-tacites prennent ici la forme de croyances partagées et de routines de développement des interfaces web et des applications NFC. Ce partage de connaissances tacites-collectives permet d'identifier l'idée à exploiter dans le cadre du projet Sophia-Zen :

Lors de la deuxième séquence, les chefs de projet expérimentent l'idée d'unifier les différentes versions de la plateforme préexistante (CHEMIN) et de l'enrichir d'un service de géolocalisation permettant de résoudre les problèmes de congestion existants sur la technopole de Sophia-Antipolis. A partir des croyances et des schémas d'interprétations partagés, ils s'attachent dans un premier temps à cartographier l'ensemble des fonctions développées dans les différentes versions de la plateforme CHEMIN pour identifier quels changements il est possible d'opérer dans leur système d'une part, à articuler les règles et procédures formalisées dans les versions antérieures à CHEMIN d'autre part. En plus de ces connaissances relevant de l'architecture de l'écosystème-plateforme, les chefs de projet mobilisent divers types de documentations et ouvrages publiés par l'équipe ou dans le domaine des sciences technologiques. Le but est de définir les concepts qu'il convient d'expérimenter dans le cadre du projet Sophia-Zen, notamment l'architecture technique de la plateforme, l'interface web de la plateforme et les cas d'utilisation (gestions des bornes NFC, gestion des parcours, gestion des médias, gestion des commentaires, etc.). Engageant un nouveau cycle de génération des connaissances, la création des concepts du projet Sophia-Zen a essentiellement mobilisé les connaissances relatives au fonctionnement des deux composantes et à la manière dont il est possible de les mettre en relation.

## ***II.2. La phase d'expansion : recombinaison des connaissances***

La combinaison des connaissances est réalisée lors de la phase expansion à travers l'amélioration des composantes respectivement proposées par les partenaires universitaire (UNS) et privé (GFI). Cette transformation des concepts en un artefact opérationnel a été conduite en deux temps. Premièrement, chaque acteur a procédé à la transformation et à la recombinaison des connaissances déjà acquises pour développer leur propre composante. Pour l'UNS, il s'agissait de fusionner les différentes versions existantes de la plateforme CHEMIN en une unique version, de faire évoluer certaines composantes (soit pour résoudre des problèmes techniques existants, soit pour innover) et d'ajouter des nouvelles fonctionnalités. Pour GFI, l'enjeu a d'abord consisté à rendre interopérable la plateforme existante « TPG » et

de l'enrichir avec de nouvelles fonctionnalités. Le résultat est le développement de la plateforme ENTREPRISE (cf. Annexe 10).

Deuxièmement, la mise en relation des composantes de Sophia-Zen a nécessité l'assimilation mutuelle des connaissances (par absorption des connaissances) créées respectivement par les responsables du développement des deux plateformes. Cette étape a nécessité de la part de chacun des acteurs de redéfinir l'architecture technique de leur solution respective. Dans cette perspective, les acteurs ont mobilisé les connaissances architecturales relatives à leur propre composante. Certains développements de la composante CHEMIN ont été réalisés dans l'optique d'une mise en open source du projet. Ce choix stratégique de l'université s'oppose à celui adopté par son partenaire privé dont la stratégie d'appropriation repose sur un régime propriétaire pour la composante ENTREPRISE. De fait, pour sécuriser les échanges de connaissances entre les partenaires, UNS et GFI, il a été nécessaire de définir deux zones d'échanges distinctes permettant aux deux acteurs de co-développer et de partager des connaissances architecturales communes tout en préservant la possibilité pour GFI d'exploiter commercialement la plateforme. Les connaissances architecturales développées ici relèvent de compétences relationnelles permettant de résoudre les conflits posés par l'évolution en mode open source de la composante CHEMIN.

### ***II.3. Les phases d'expansion et de maturité : la valorisation et la protection des connaissances***

Si les modalités d'application des connaissances produites ont été définies dès la naissance de Sophia-Zen (dans le cadre de l'accord de coopération), leur mise en œuvre a été déclenchée lors de la phase de maturité. Lors de la naissance de l'écosystème, les deux acteurs ont d'abord clarifié les conditions d'échange et de protection des connaissances entre les parties prenantes. Du point de vue des connaissances développées avant le projet Sophia Zen, il a été convenu par les parties prenantes de conserver la propriété exclusive de leurs connaissances antérieures et des droits de propriété industrielle correspondants. Une liste informative (mais non exhaustive) des connaissances antérieures a pour cela été établie et, comme précisé dans l'accord de coopération, cette liste pouvait faire l'objet d'une mise à jour en fonction du déroulement du projet. Les deux parties se sont interdites d'intégrer au projet des connaissances *open source* antérieures sans l'avoir spécifié et fait accepté par l'autre partie. En effet, l'utilisation d'une licence *open source* pourrait avoir pour conséquence que tout ou partie des résultats soient licenciés en vertu d'une licence *open source*. Or ceci s'oppose à la stratégie et au régime propriétaire adopté par GFI.

L'utilisation des connaissances antérieures à des fins d'exploitation est en outre soumise à un accord préalable entre les deux acteurs. Le brevet étant un outil clef de sécurisation des échanges de connaissances au sein des projets d'innovation collective (Pénin 2015), l'accord de coopération prévoit la possibilité de concéder une licence non exclusive, sans droit de sous-licencier, et non cessible d'utilisation des connaissances antérieures qui sont nécessaires pour à l'exploitation des résultats (à condition qu'aucun droit de tiers ne s'oppose à la concession d'une telle licence). Compte tenu de cette clause restrictive, les composantes CHEMIN et ENTREPRISE ont été développées de manière indépendante. Les connaissances explicites antérieures d'un acteur n'ont pas été mobilisées dans la conception de la composante de l'autre acteur. Seules des connaissances tacites ont été échangées entre les acteurs, notamment des connaissances de type « savoir-faire » dans le cadre de contrats d'apprentissage et de stages. Au final, compte tenu des positionnements stratégiques divergents entre les deux acteurs, et des contraintes d'exploitation (liées à l'obligation de concession d'une licence d'utilisation des connaissances antérieures) prévues lors de la première phase du cycle de vie de Sophia-Zen, la conception de l'architecture technique mettant en relation les deux composantes du projet a changé lors de la phase d'expansion de l'écosystème. Deux interfaces techniques indépendantes, aux modalités d'ouvertures opposées (open source pour l'UNS, *licensing-out* pour GFI) co-évoluent désormais.



## ANNEXE 11. L'APPLICATION DE LA METHODE EXPERIMENTALE : UNE EXPERIENCE PEDAGOGIQUE DU JEU DE LA MINORITE

J'ai demandé à un groupe d'élèves de l'école de l'air de participer à une expérience en classe portant sur un jeu de coordination asymétrique El Farol que j'ai appelé « le jeu de l'engagement ». Dans ce jeu, une population  $N$  de joueurs (appelés « soldats ») doit décider à chaque période de temps d'engager (1) ou de ne pas engager (0) une cible dont la neutralisation est considérée comme une priorité par le commandement. Le choix de chaque soldat est contraint par une *règle d'engagement* qui précise le seuil d'engagement optimal de la cible ce seuil équivaut au seuil de congestion  $k$ . En deçà du seuil, la cible n'est pas neutralisée et seuls les soldats ayant décidé de l'engager sont récompensés. Au delà du seuil, les dommages collatéraux sont trop élevés et seuls les soldats ayant décidé de ne pas engager la cible reçoivent une récompense. La cible est donc neutralisée de façon optimale si la somme des soldats qui décident de l'engager correspond exactement au seuil  $k$  (dans ce cas, tous les joueurs sont récompensés). La seule information dont disposent les sujets pour décider porte sur les résultats de l'expérience au cours des périodes précédentes (le seuil a-t-il été atteint ?) ainsi que les récompenses individuelles cumulées jusqu'au moment du choix (mes actions ont-elles été récompensées ?).

La population  $N$  d'élèves ayant participé au jeu est égale à 49 et le seuil d'équilibre  $k$  égal à 30 ( $k / N = 0.61$ ). Le nombre de périodes  $T$  au cours desquelles le jeu a été répété est égal à 30. 80% des participants sont des hommes et 20% sont des femmes. L'âge moyen des participants est de 24 ans. Le groupe d'élèves ayant participé est peu sensibilisé aux problématiques théoriques en économie et n'a jamais reçu de formation académique dans les domaines de la microéconomie ou de la théorie des jeux. Le groupe d'élèves est composé de sous-officiers de l'armée de l'air ayant intégré les EOAA par la voie du concours interne. La structure de paiements (la matrice des gains) utilisée au cours de l'expérience est présentée dans le tableau A11.1. Les actions (1) et (0) dénotent l'engagement ou le non engagement de la cible. Cette structure des paiements (non monétaires) est identique à la celle présentée dans le chapitre 1.

	$N^{*(1)} \leq k$	$N^{*(1)} > k$
(1)	1	0
(0)	0	1

**Tableau A11.1.** Structure des paiements

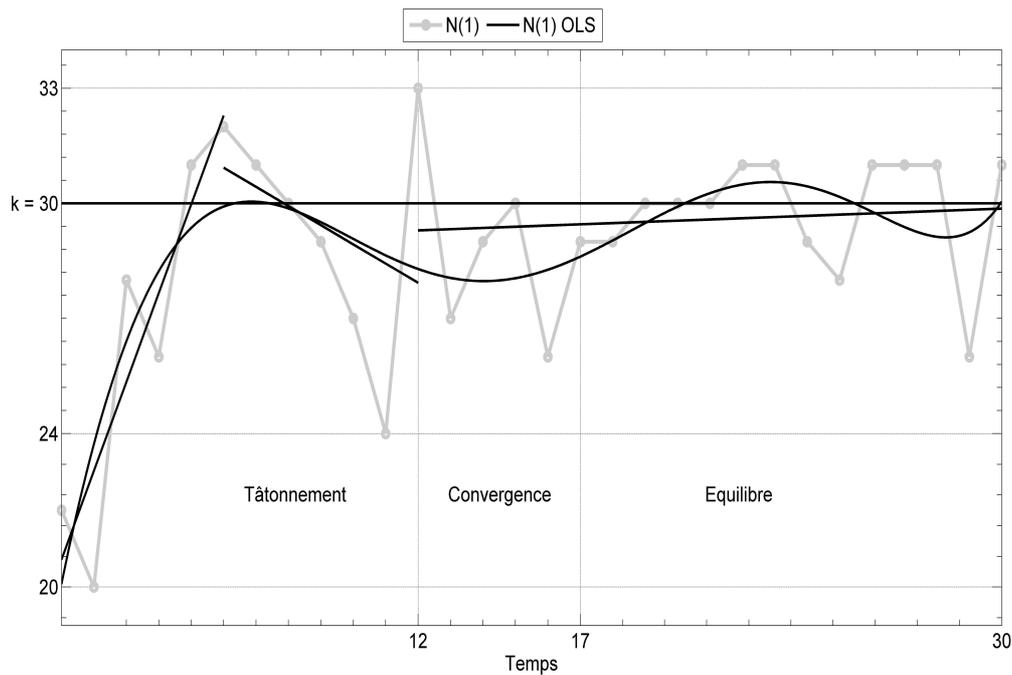
J'ai donc conservé la structure du modèle El Farol puisque le rapport du seuil de congestion et de la population des joueurs ( $k / N$ ), la structure des paiements (tableau A10.1) et la nature de l'information perçue sont parfaitement identiques. Dans ce jeu, il n'est pas possible de prédire avec certitude le nombre de participants qui engage la cible  $N^{*(1)}$  à chaque période de temps. Chaque participant décidera d'engager la cible s'il anticipe que le nombre de personnes ayant choisi, comme lui, d'engager la cible n'excède pas le seuil  $k$ . Dans ce jeu de coordination asymétrique, il existe un unique équilibre de Nash en stratégies mixtes correspondant à la distribution optimale des actions ( $k / N ; 1 - (k / N)$ ), et un nombre  $n$  d'équilibres en stratégies pures<sup>31</sup>.

### ***Précision de la coordination***

Le premier résultat concerne la précision de la coordination. Les sujets parviennent-ils à résoudre le problème de coordination asymétrique posé par le jeu de l'engagement ? La figure A11.1 présente les résultats de l'expérience. Nous avons représenté le nombre d'individus ayant choisi d'engager la cible à chaque période de temps ( $N(1)$ ), ainsi que la courbe de régression calculée à l'aide de la méthode des moindres carrés ordinaires, MCO ( $N(1)$  OLS). En moyenne et sur l'ensemble de l'expérience, la population montre un comportement collectif qui fluctue autour de l'équilibre  $k = 30$ , le nombre de sujets qui engagent la cible à chaque période de temps tendant néanmoins à converger vers la valeur d'équilibre. Sur la totalité de l'expérience, le nombre moyen d'individus qui engagent la cible  $N^{*(1)}$  est égal à 28,73. La variance est égale à 8,69 et l'écart type est égal à 2,95. Nous distinguons toutefois trois grandes phases dans le processus d'apprentissage et de coordination (cf., tableau A11.2). La première phase dite de « tâtonnement » couvre les périodes T1 à T12. Au cours de la première phase, les individus apprennent à développer une stratégie adaptée au contexte en expérimentant les conséquences des différentes actions (0) et (1). Ainsi, plus des deux tiers des individus (73,47%) choisissent l'une ou l'autre des deux actions au moins une fois au cours des treize premières périodes. Le pourcentage cumulé des individus ayant opté pour une stratégie pure est inférieur à 27% jusqu'à la période T12 (26,53% exactement). Le nombre moyen de personnes qui décident d'engager la cible est égal à 27,75, avec une variance et un écart type respectivement égaux à 16,75 et 4,09.

---

<sup>31</sup> La famille des jeux de coordination asymétrique inclut d'autres jeux comme le concours de beauté keynésien (*beauty contest* ; Camerer, 1997), le jeu d'entrée sur le marché (*market-entry game*, Ochs, 1990) et, faut-il le signaler, le jeu de la minorité (*minority game*, Challet et al., 2005).



**Figure A11.1.** Précision de la coordination

La deuxième phase dite de « convergence » concerne les périodes T-12 à T17. Au cours de cette courte phase (six périodes), le nombre d'individus qui décident d'engager la cible se rapproche de l'équilibre  $k$  (en moyenne, ce nombre est égal à 29). La part d'individus ayant adopté une stratégie pure est proche de 60% (59,18% exactement). Au cours de cette deuxième phase, les individus apprennent à résoudre le problème de coordination en se « spécialisant » dans l'une ou l'autre action. Le comportement de la population est d'ailleurs moins fluctuant avec un écart type égal à 2,45 et une variance égale à 6 (Tableau 2). Les périodes T12 à T17 forment une transition après une phase initiale de découverte du problème de coordination et d'expérimentation individuelle. La troisième phase dite d'« équilibre » concerne les quatorze dernières périodes de l'expérience (T17 à T30). Au cours de cette phase l'équilibre est atteint puisque la moyenne du nombre d'individus qui décident d'engager la cible est égale à 29,79 (cette moyenne est égale à 30 pour les périodes T26 à T30). Les individus qui optent pour une stratégie pure représentent 48,98% de la population, contre 51,02 % qui oscillent et changent d'action au moins une fois au cours du temps (Tableau A10.2). Les deux tiers des individus qui n'adoptent pas une stratégie pure adoptent une stratégie mixte asymétrique en faveur de l'action (1).

	<i>Tâtonnement</i>	<i>Convergence</i>	<i>Equilibre</i>
<i>Stratégie pure (1)</i>	14,29%	36,73%	30,61%
<i>Stratégie pure (0)</i>	12,24%	22,45%	18,37%
<i>Stratégie mixte</i>	73,47%	40,82%	51,02%

<i>Moyenne N(I)</i>	27,75	29	29,79
<i>Variance</i>	16,75	6	2,18
<i>Ecart type</i>	4,09	2,45	1,48

**Tableau A11.2.** Décomposition du processus de coordination en trois phases

***Stratégies individuelles et groupes d'individus***

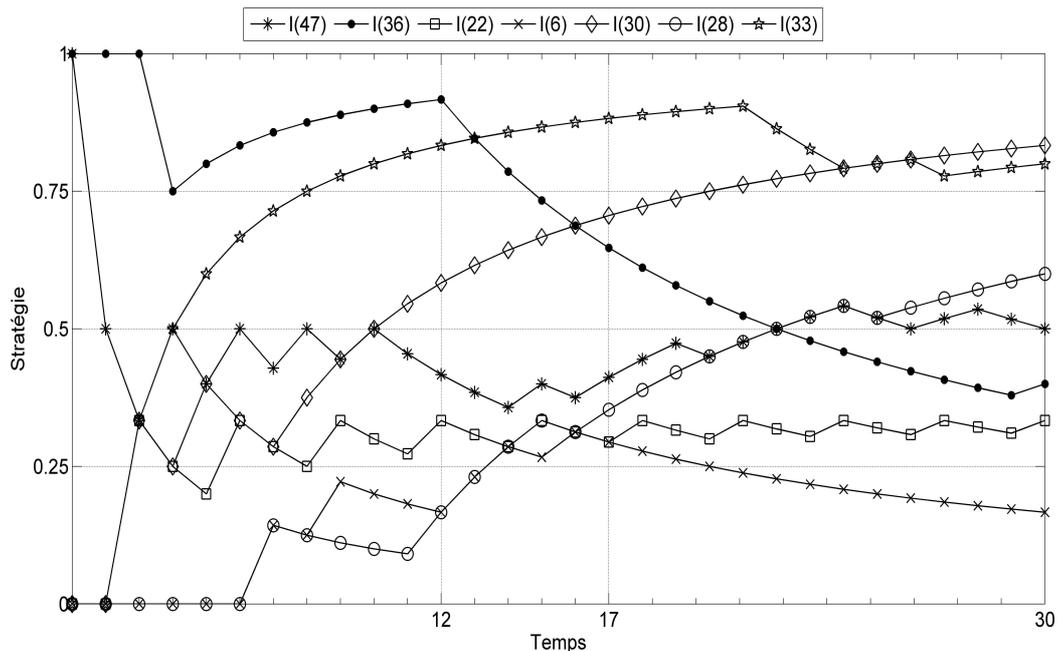
Le deuxième résultat (cf., Tableau A11.3) porte sur la distribution des stratégies au sein de la population des sujets. Une stratégie est définie par le taux d'activation de l'action (1) en moyenne et sur la totalité de l'expérience. Nous observons l'émergence de cinq groupes d'individus. Le premier groupe (groupe I) représente 57,13% des participants. Les individus appartenant à ce groupe ont adopté une stratégie consistant à choisir l'action (1) avec une probabilité strictement supérieure à  $\frac{1}{2}$  et inférieure à 1. Le second groupe (groupe II) concerne 14,28% des participants. Ces derniers ont opté pour une stratégie consistant à choisir l'action (0) avec une probabilité strictement supérieure à  $\frac{1}{2}$  et inférieure à 1. Les individus appartenant au troisième groupe (groupe III), soit 6,12% des participants, ont mis en œuvre une stratégie mixte symétrique consistant à choisir les deux actions possibles (1) et (0) avec une probabilité exactement égale à  $\frac{1}{2}$ . Enfin, les deux derniers groupes d'individus concernent les individus qui ont adopté une stratégie pure consistant à choisir l'une des deux actions avec une probabilité égale à l'unité. 12,24% des participants ont ainsi choisi l'action (0) avec une probabilité égale à 1 (groupe IV) et 10,20% ont choisi l'action (1) avec la même probabilité (groupe V). Au final, 67,35% des individus (environ  $\frac{2}{3}$  de la population) choisissent l'action (1) avec une probabilité strictement supérieure à  $\frac{1}{2}$  et 32,65% des individus (environ  $\frac{1}{3}$  de la population) l'action (0) avec une probabilité supérieure ou égale à  $\frac{1}{2}$ .

<i>Groupes</i>	<i>Stratégies</i>	<i>Individus</i>	$\Sigma$	%
<b>V</b>	1	[49, 37, 29, 19, 10]	5	10,20%
<b>I</b>		[7, 8, 12, 31]	4	8,16%
	0,9	-	-	-
		[13, 14, 30, 41]	4	8,16%
	0,8	[1, 33, 48]	3	6,12%
		[3, 20, 23, 24, 25, 40, 44, 45]	8	16,33%
	0,7	-	-	-
		[21]	1	2,04%
	0,6	[28, 46]	2	4,08%
<b>III</b>	$\frac{1}{2}$	[4, 5, 15, 26, 35, 42]	6	12,24%
		[27, 43, 47]	3	6,12%
		-	-	-
	0,4	[36]	1	2,04%

<b>II</b>		[22]	1	2,04%
	0,3	-	-	-
		[39]	1	2,04%
	0,2	[16]	1	2,04%
		[6]	1	2,04%
	0,1	[2]	1	2,04%
		[32]	1	2,04%
<b>IV</b>	0	[9, 11, 17, 18, 34, 38]	6	12,24%

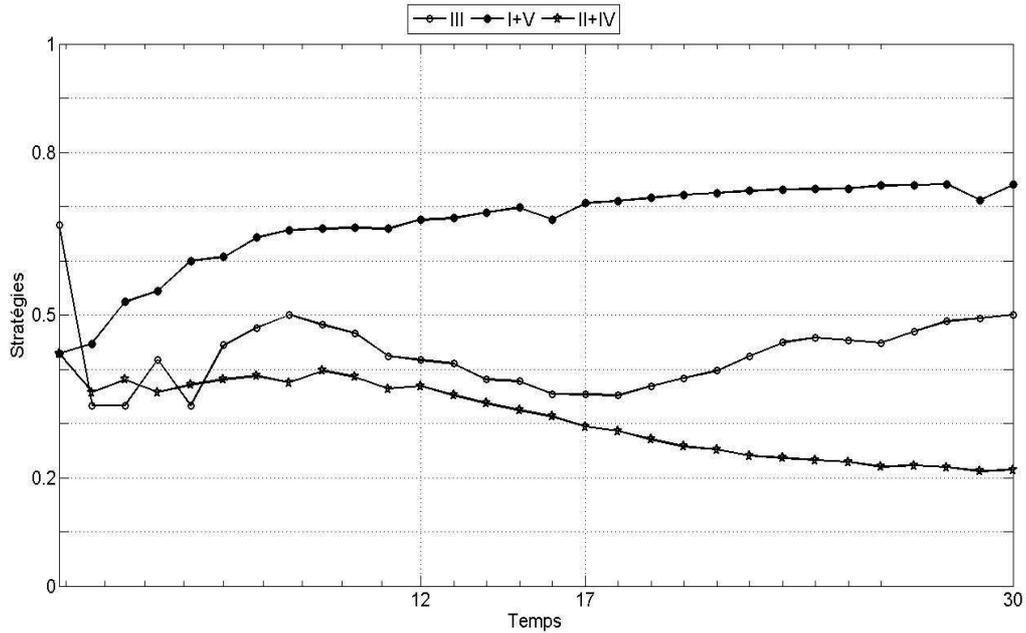
**Tableau A11. 3.** Répartition des individus en fonction de leur stratégie

Même s'ils appartiennent à des groupes relativement homogènes, les individus développent toutefois des stratégies hétérogènes. La figure A11.2 représente l'évolution de la stratégie de sept individus tirés de façon aléatoire. La figure A11.3 présente l'évolution au cours du temps de la stratégie moyenne des groupes d'individus ayant adopté une stratégie mixte, symétrique et asymétrique, et pure. Les groupes d'individus ayant adopté une stratégie pure (IV et V) sont inclus aux groupes d'individus ayant opté pour une stratégie mixte asymétrique (I et II).



**Figure A11.2.** Diversité des stratégies individuelles

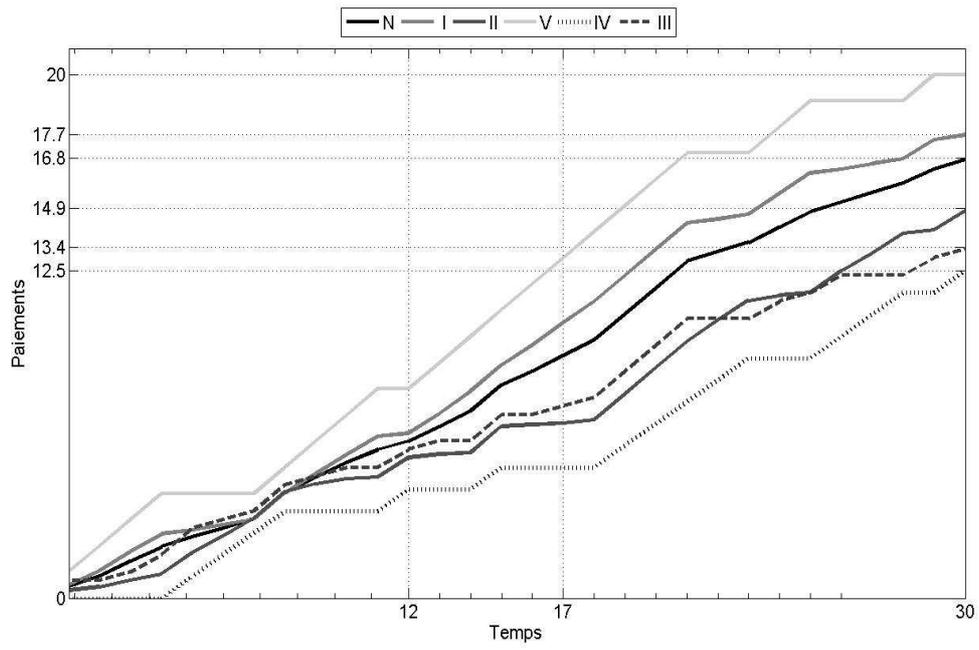
Les figures A11.2 et A11.3 montrent à nouveau les trois phases de tâtonnement, de convergence et d'équilibre représentées par des oscillations individuelles (figure A11.2) et collectives (figure A11.3) en début de processus (tâtonnement et expérimentation) suivie d'une période de stabilisation du choix (convergence) représentées par des courbes qui croissent ou décroissent de façon linéaire jusqu'à la fin de l'expérience (équilibre et adoption d'une stratégie pure ou « quasi pure » pour la sous période T17 à T30).



**Figure A11.3.** Evolution de la stratégie moyenne des groupes d'individus

### *Paiement cumulés en fonction de la stratégie*

Examinons à présent la dynamique des paiements cumulés en fonction des stratégies adoptées par les participants. La récompense maximale qu'il est possible de recevoir est égale à 30. La figure A11.4 représente les courbes de paiements moyens cumulés de la population totale ( $N$ ) et des individus qui ont adopté une stratégie pure (IV et V) et de ceux qui ont choisi une stratégie mixte symétrique (III) et asymétrique (I et II). On observe que la récompense moyenne des individus qui adoptent l'action (1) avec une probabilité égale à 1 (stratégie pure) est égale à 20 tandis que la récompense moyenne des individus qui choisissent de ne pas engager la cible avec une probabilité égale à 1 (stratégie pure) est égale à 12,5. Le paiement individuel moyen est égal à 16,76. Etant donné la valeur du seuil d'équilibre (i.e.  $k / N = 0.61$ ), il est logique que les individus qui adoptent une stratégie consistant à choisir l'action (1) avec une probabilité supérieure ou égale à  $\frac{1}{2}$  reçoivent un paiement cumulé supérieur à ceux qui choisissent, en moyenne, l'action (0) avec une probabilité supérieure à  $\frac{1}{2}$ . En effet, l'action (1) a statistiquement plus de chances d'être récompensée que l'action (0) dans un jeu de coordination asymétrique.



**Figure A11.4.** Paiements moyens cumulés en fonction de la stratégie adoptée



## **ANNEXE 12. LA GESTION DU CHANGEMENT COMME PROCESSUS DE LEGITIMATION : LE CAS DU CENTRE DE GUERRE AEROSPATIALE CANADIEN**

Les chercheurs ont montré que la gestion du changement organisationnel pouvait souffrir de nombreux maux (Soparnot, 2004). Les principales causes des difficultés rencontrées par les organisations en matière de gestion du changement sont ainsi connues : absence de soutien de la part de la hiérarchie, déresponsabilisation des individus et des cadres intermédiaires, formations inefficaces, compétences insuffisantes ou inadaptées, absence de prise en compte des besoins opérationnels, communication interne dysfonctionnelle etc. (Kotter et Schlesinger 1979). L'analyse de ces maux révèle en outre l'existence de multiples formes individuelles et collectives de résistance au changement (Soparnot, 2013 ; Thomas et al. 2011), ces dernières se manifestant le plus souvent à travers l'expression d'une variété de comportements (e.g. déni, indifférence, opposition active et passive, soutien passif).

Nous avons étudié la construction de la légitimité comme processus permettant aux organisations de faire face aux défis de la gestion du changement au moyen d'une étude de cas portant sur la création d'une nouvelle unité au sein des forces aériennes canadiennes. Le niveau d'analyse (au sens de Ruef et Scott, 1998) est donc intra-organisationnel et l'entité (au sens de Suchman, 1995) dont nous évaluons la légitimité est le centre de guerre aérospatial. Enfin, l'environnement social au sein duquel nous examinons la légitimité de cette nouvelle entité (i.e. le « système socialement construit » au sens de Suchman 1995) est l'armée de l'air canadienne. La méthodologie de l'étude est présentée dans l'encadré A12.1

**Encadré A12.1.** Méthodologie de l'étude du processus de légitimation du centre de guerre aérospatiale.

En 2012, les autorités de l'armée de l'air française ont estimé nécessaire d'étudier le « cas » de l'*Air Warfare Center* canadien. L'Etat major de l'armée de l'air française souhaite en effet mettre en place une structure organisationnelle similaire ; en raison de la proximité opérationnelle et structurelle entre les deux armées, il est apparu judicieux aux autorités françaises de mieux comprendre comment l'armée de l'air canadienne a géré le déploiement de la nouvelle unité. La préparation de la visite du centre de guerre canadien s'est effectuée en deux temps. Nous avons tout d'abord identifié les acteurs clés du centre de guerre dans leurs domaines d'expertise respectifs, en fonction de l'ancienneté de leur prise de fonction au

centre (Tableau B). Puis, nous leur avons adressé un guide d'entretien semi directif afin de comprendre de quelle façon la gestion du changement a été conduite pour la mise en place de cette nouvelle unité. Le guide d'entretien a été structuré en quatre volets : historique du centre, structure organisationnelle, processus d'apprentissage et technologies utilisées. Certains sous-thèmes (e.g. systèmes d'information dédiés) sont apparus peu informatifs au regard de la question posée dans cette contribution. D'autres se sont révélés utiles (e.g. historique et structure du centre, processus d'apprentissage expérientiel) et nous ont permis de récolter des données de terrain pertinentes pour notre propos. La dernière étape a concerné le traitement des données collectées lors de nos entretiens. Les entretiens individuels et collectifs ont fait l'objet d'un enregistrement suivi d'une retranscription manuelle. L'analyse des résultats a été réalisée au moyen d'une technique de codage manuelle. Cette technique correspond à celle du codage de type « ouvert » dans la mesure où notre guide d'entretien a été établi pour comprendre comment le centre de guerre a été déployé, quelles difficultés ont été rencontrées, quelles activités ont été développées et quelles technologies ont été utilisées. Nous avons plus spécifiquement exploité les données recueillies auprès de quatre officiers supérieurs directement concernés par la gestion du changement organisationnel induit par la création du centre de guerre. Lors de notre visite, ces officiers supérieurs ont réuni leurs équipes d'experts concernés par les différentes sous-thématiques du guide d'entretien proposé. Nous avons ainsi alterné les entretiens individuels (directeur et directeur-adjoint du centre de guerre) et collectifs (douze experts sélectionnés en fonction de leur spécialité au sein du centre). Notre objectif était de recueillir différents points de vue selon les fonctions et les responsabilités de chaque acteur. En particulier, ces entretiens nous ont permis de recueillir des données sur les origines du centre de guerre, le besoin auquel il répondait, ainsi que sur les modes de gestion de son déploiement au sein de l'armée de l'air canadienne. Nous avons pu également approfondir certains thèmes liés aux activités du centre, notamment la formation aux *lessons learned* (apprentissage expérientiel) et les exercices de simulation appliqués aux activités de commandement et de conduite des opérations aériennes.

Les résultats de l'étude montrent que quatre actions ont été mises en œuvre lors des phases de déploiement de la nouvelle unité. Ces actions sont : (i) la mise à l'épreuve de la nouvelle entité à travers une démarche d'expérimentation ; (ii) la conduite d'un programme de formation favorisant la compréhension par les personnels des capacités et des missions de la nouvelle entité ainsi que de leur intérêt ; (iii) la modification des pratiques existantes en

matière de gestion des ressources humaines ; (iv) l'élargissement du périmètre des activités du centre de guerre au-delà de ses missions initiales.

Chaque action participe du processus de légitimation du changement organisationnel que constitue la création du centre de guerre aérospatial. Ces actions représentent en outre une forme de traduction des stratégies de légitimation, ces dernières étant en quelque sorte mises en actes par les acteurs. Les résultats permettent également de mettre en évidence l'influence des stratégies de légitimation sur les différentes sources de légitimité. Enfin, ils permettent de comprendre comment s'articulent les stratégies de légitimation définissant ainsi un processus de légitimation.

### ***I. La mise en actes des stratégies de légitimation***

Les résultats de l'étude de cas confirment que les actions de légitimation déployées par les responsables du centre de guerre aérospatial relèvent de la mise en acte des quatre stratégies identifiées par Zimmermann et Zeitz (2002), à savoir la conformation, la sélection, la manipulation et la création de règles, de normes et/ou de valeurs culturelles. En déployant le programme de formation des officiers (programme de leçons apprises) et en organisant des exercices de commandement et de conduite des opérations, les responsables du centre de guerre ont été capables de créer de nouveaux espaces de socialisation et de sélectionner un environnement professionnel favorable à la construction d'une « *base de soutien* » (Suchman 1995, p. 591) indispensable au développement de la légitimité du centre. Ils ont compris l'impact positif que les officiers supérieurs et les officiers référents pouvaient avoir sur la légitimité de la nouvelle unité. On observe également que la modification des pratiques de gestion des ressources humaines du centre est une mise en acte concrète de la stratégie de manipulation de règles de gestion caractéristiques du système social « *dans lequel l'organisation opère et avec lequel elle a besoin d'être cohérent* » (Zimmerman et Zeitz 2002, p. 416). Enfin, à travers la codification de la doctrine et des concepts d'emploi de l'armée aérienne, le centre de guerre a créé de nouvelles règles, normes et standards auxquels les acteurs doivent progressivement se conformer. Le résultat des différentes actions de légitimation est une altération progressive de l'environnement social dans lequel opère la nouvelle unité, créant alors les conditions propices à la convergence des perceptions individuelles.

### ***II. L'influence des stratégies de légitimation sur les sources de légitimité***

L'étude nous renseigne précisément sur le rôle joué par les actions de légitimation sur les différentes sources pragmatique, morale et cognitive de légitimité du changement organisationnel. On observe ainsi que la mise à l'épreuve a favorisé l'émergence des types pragmatiques de la légitimité au sens de Suchman (1995). Les agents récipiendaires du changement ont ainsi pu juger *en situation* de l'intérêt et de l'utilité du changement organisationnel, ceux-ci étant évalués au regard de leurs propres pratiques professionnelles. Parallèlement, les agents ont acquis une compréhension fine, non ambiguë, des missions de la nouvelle unité organisationnelle. Parce qu'ils ont pu observer *in situ* les experts du centre de guerre et évaluer leurs compétences et la qualité de leurs actions, les agents en ont compris le sens et la finalité. Cette source cognitive de la légitimité (au sens d'Aldrich et Fiol, 1994) est devenue si prégnante au sein du groupe social formé par les officiers qu'ils ont fini par ne plus interroger l'existence ou la finalité du centre, passant de la compréhensibilité de la nouvelle entité à un type de légitimité *de fait* (au sens de Suchman, 1995). Une fois les activités du centre de guerre évaluées et comprises, celui-ci a favorisé par ses actions (e.g. organisation des exercices de C<sup>2</sup>) l'exploitation d'une source morale de légitimité à travers la transformation progressive des valeurs culturelles de l'armée de l'air canadienne dans le sens d'un alignement avec celles portées par la nouvelle unité. D'une culture anti-doctrinale et anti-intellectuelle, l'organisation toute entière adopte au fil du temps une culture du retour d'expérience et de l'apprentissage, contribuant à asseoir la légitimité morale de la nouvelle unité. L'adaptation des pratiques de gestion des ressources humaines de l'armée de l'air canadienne a aussi eu un impact sur différentes sources et types de légitimité. En particulier, l'autonomie accordée par l'armée de l'air canadienne en matière de recrutement de ses personnels, a renforcé significativement la légitimité morale du centre. En retour, cette autonomie de gestion a permis d'attirer les profils à haut potentiel dont le centre avait besoin en offrant aux candidats des perspectives de carrière valorisantes. Il est ainsi devenu intéressant pour les officiers d'occuper un poste d'expert du centre de guerre, ce qui a eu pour effet de renforcer sa légitimité pragmatique. Dans le même ordre d'idées, le développement d'un programme de formation au processus de leçons apprises a eu pour effet de consolider la convergence des perceptions à propos de l'intérêt et de l'utilité du centre (sources pragmatique de légitimité), contribuant ainsi à la transformation progressive des valeurs culturelles de l'organisation pour les rendre cohérentes avec les actions du centre (source morale de légitimité).

### ***III. L'articulation des stratégies de légitimation au sein du processus de légitimation***

C'est donc à travers la combinaison des actions de légitimation et de leur impact sur les perceptions individuelles ainsi que sur l'environnement social que la gestion du changement opère. Cette observation répond à la nécessité, exprimée par Zimmerman et Zeitz (2002), d'étudier précisément « *comment les stratégies peuvent être combinées pour construire la légitimité* » (Zimmerman et Zeitz 2002, p. 428). Sur ce point, l'étude de cas nous renseigne sur le processus de légitimation du changement organisationnel. Elle suggère que les actions de légitimation mises en œuvre par l'armée de l'air canadienne s'articulent dans le temps. Nous voyons alors se dessiner quatre phases du processus de développement de la légitimité du changement organisationnel. Ces phases sont respectivement la construction, la pérennisation, l'approfondissement et le développement des différentes composantes de la légitimité. Nous faisons l'hypothèse de l'existence d'un processus de développement de la légitimité car, dans le cas étudié, ces phases sont associées à différentes séquences temporelles de la gestion du changement organisationnel. Dans cette perspective, si nous n'observons pas de correspondance univoque entre une stratégie, une phase et une source de légitimité, nos résultats suggèrent toutefois que les sources pragmatique et morale de légitimité sont essentielles lors des premières séquences. En effet, la légitimité cognitive de la nouvelle unité (i.e., la compréhensibilité et l'acceptation de fait de la nouvelle unité) dépend de l'évaluation positive des agents à propos des activités du centre, de ses procédures et de ses personnels. Cette évaluation s'effectue, d'une part, au regard de leurs intérêts personnels (source pragmatique) et, d'autre part, des valeurs collectives partagées (source morale de légitimité). On observe donc que les sources pragmatique et morale de légitimité sont associées à aux phases de construction et de pérennisation de la légitimité. C'est lors des phases amont du processus de légitimation que peut s'établir la base de soutien (pour reprendre l'expression de Suchman 1995), celle-ci puisant d'abord aux sources pragmatique et morale de la légitimité. La légitimité cognitive de la nouvelle unité se renforce ensuite à partir de cette base de soutien, lors de la phase d'approfondissement du processus de légitimation.



# LISTE DES TRAVAUX DU CANDIDAT

## I. OUVRAGES

1. *Knowledge Management and Innovation: Interaction, Collaboration, and Openness*. ISTE publishing, 2016. 130 pages. Co-auteurs : Amel Attour et Eric Schenk.

## II. REVUES ACADEMIQUES

2. « En quête de légitimité : la gestion du changement organisationnel comme processus de légitimation », *Management International*, 21, 2017 à paraître. Co-auteur : Anaïs Gautier.
3. « Naissance des écosystèmes d'affaires : une articulation des compétences intra et inter-organisationnelles », *Gestion 2000*, 2016/4, juillet-août, pp. 59-76. Co-auteur : Amel Attour.
4. "Combining technologies' properties to cope with uncertainty: Lessons from the military". *International Journal of E-Entrepreneurship and Innovation*, 2016, vol. 6, No 1, 1-18. Co-auteur : Cécile Godé.
5. "The role of knowledge processes in a business ecosystem's lifecycle". *Journal of the Knowledge Economy*, 2016, DOI 10.1007/s13132-016-0395-3. Co-auteur : Amel Attour.
6. "The metamorphosis of the world space economy: Investigating global trends and national differences among major space Nations' market structure". *Journal of Innovation Economics & Management*, 2016/2, n°20, pp. 9-35.
7. « Le briefing-débriefing : une procédure pour lever les barrières pesant sur l'apprentissage organisationnel ? ». *Gérer & Comprendre*, 2016/2, n°124, pp. 41-51. Co-auteur : Cécile Godé.
8. « Approches interactives de l'innovation et gestion des connaissances". *Revue d'Economie et de Management de l'Innovation*. 2016/1, n°49, pp. 5-14. (Introduction du numéro thématique "Modèles collaboratifs d'innovation"). Co-auteur : Amel Attour.

9. "Interactive approaches to innovation and knowledge management". *Journal of Innovation Economics & Management*. 2016/1, n°19, pp. 3-10 (Introduction to the thematic issue on "Knowledge based innovation processes"). Co-auteur : Amel Attour.
10. "Architectural knowledge and the birth of a platform ecosystem: A case study". *Journal of Innovation Economics & Management*. 2016/1, n°19, pp. 11-30. Co-auteur : Amel Attour.
11. "Digital economics". *Journal of Innovation Economics & Management*, 2016/1, n°19, pp. 205-211. (A comment on Avi Goldfarb et al. (Eds), *Economic Analysis of the Digital Economy*, NBER, Univ of Chicago Press)
12. "Innovation disruptive et naissance d'un écosystème : voyage aux origines de l'Internet". *Revue d'Economie Industrielle*, 2014,146/2, p. 27-59.
13. "From market failures to market opportunities: managing innovation under asymmetric information". *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 2014, Vol. 3, n° 5, 15 pages.
14. "The failed birth of a giant: Lessons learned from the collapse of the EADS / BAE SYSTEMS merger". *Journal of Innovation Economics & Management*, 2013/2, n°12, pp. 103-125. Co-auteur : Blandine Laperche.
15. « Le rôle de la Défense dans l'émergence d'une nouvelle industrie : le cas de l'industrie spatiale ». *Revue d'Economie et de Management de l'Innovation*, 2013/3, n°42, pp. 39-58. Co-auteur : Victor Dos Santos Paulino.
16. « Changement technologique et transfert de compétences : une réflexion à partir du cas des équipages de transport de l'armée de l'air ». *Management International*, 2012, vol. 16, n° spécial, pp. 57-73. Co-auteur : Cécile Godé.
17. "Identifying collaborative innovation capabilities: Insights from the ARPANET project". *European Journal of Innovation Management*, 2012, Vol. 15, n° 2, pp. 232-258.
18. "Towards an architecture of organizational learning: insights from French military aircrews". *VINE. The Journal of Information and Knowledge Management*, 2012, Vol. 42, n°3/4, pp. 321-334. Co-auteur : Cécile Godé.

19. “How do organisations manage to develop collaborative innovation? The case of the Tactical Strike and Reconnaissance aircraft (TSR-2)”. *Journal of Innovation Economics & Management*, 2011/1, n°7, pp. 161-179.
20. « Technologie polyfonctionnelle et compétences des acteurs : le cas des pilotes de chasse de l’armée de l’air ». *Revue Française de Gestion*, 2011/3, n° 212, pp. 29-43.
21. “A design-oriented approach to organizational change: Insights from a military case study”. *Journal of Organizational Change Management*, 2011, Vol. 24, n° 5, pp. 626-639.
22. « Quelle typologie pour identifier les compétences ? Le cas des pilotes de transport de l’armée de l’air ». *Information Sciences for Decision-Making*, 2010, n°40, 10pages, <http://isd.m.univ-tln.fr>. Co-auteur : Cécile Godé.
23. « La fabrique des usages technologiques en environnement volatil ». *Management & Avenir*, 2010/2, n°32, pp.71-90. Co-auteur : Cécile Godé.
24. « Modularité de l’organisation et design des organisations adaptatives : une analyse de la transformation des organisations de Défense américaines ». *Revue d’Economie et de Management de l’Innovation*, 2010/1, n°31, pp.31-50.
25. « L’émergence des règles de coordination dans un modèle d’Agents : une contribution à l’analyse évolutionniste du changement économique ». *Revue Economique*, 2009, Vol. 60, n°5, pp. 1359-1392.
26. « On the nature and logics of innovation capabilities within knowledge-intensive environments: A case study”. *Journal of Innovation Economics & Management*, 2009/1, n°3, pp. 169-188.
27. « L’analyse de la coordination dans un modèle d’économie artificielle : l’exemple du jeu de la minorité (*minority game*) ». *European Journal of Economic and Social Systems*, 2008, Vol. 21, n° 1, pp. 39-56. Co-auteur : Gilles Enée.
28. “Spontaneous coordination and evolutionary learning in an Agent-based model”. *Mind and Society Journal*, 2005, Vol. 4, n° 2, pp. 179-95. Co-auteur : Gilles Enée.

### III. CHAPITRES D’OUVRAGE

29. « Firmes, capacités et modalités d’innovation ». In B. Laperche (Ed.), *Principes d’Economie de l’Innovation*, Peter Lang, 2014. 15 pages.

30. "Spin-offs" & "Information asymmetry and Business innovation". In Elias G. Carayannis (Ed.), *Encyclopedia of Creativity, Invention, Innovation, and Entrepreneurship* (CI2E), Springer, 2013.
31. "How do organizations learn to develop capabilities? The case of French Air force fighter squadrons". In *Case Studies in Knowledge Management*, Academic Book Publishing, 2012. Co-auteur : Cécile Godé.
32. « Usages des TIC et complexité du contexte : L'usage du *Text Chat* par les forces de l'OTAN en Afghanistan ». In Jean-Pierre Briffaut (Ed.), *Univers Virtuels et Environnements Collaboratifs : Visions multidisciplinaires, théoriques et pratiques*, Hermès Lavoisier, 2011. Co-auteur : Cécile Godé.
33. "Managing knowledge-based complexities through combined uses of Internet technologies". In E. Bolisani (Ed.), *Building the Knowledge Society on the Internet: Sharing and Exchanging Knowledge in Networked Environments*. Ideas Group Publishing, 2008. Co-auteur : Cécile Godé.
34. "Competition for Scarce Resources: Can Indecision Improve Agents' Adaptation and Coordination?". In B. Kokinov (Ed.), *Advances in Cognitive Economics*, NBU Series in Cognitive Sciences, Sofia. Co-auteur : Gilles Enée.
35. "Adapted Pittsburgh-style classifier systems: case-study". (Revised paper). In P.L., Lanzi, W., Stolzmann, S.W., Wilson (Eds.), *Learning Classifier Systems*. Lecture Notes in Artificial Intelligence (LNAI 2661), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2003. Co-auteur : Gilles Enée.

#### **IV. CONFERENCES ACADEMIQUES**

36. "A demand-based view of industry evolution: the space industry (1957-2011), *Joint Conference of the Association of Business Historians and the German Business History Society*, Berlin, 27-28 mai 2016.
37. « Le rôle des processus de connaissances dans le cycle de vie d'un écosystème d'affaires », *6ème rencontre du Groupe de recherche thématique "Innovation" - Association Internationale de management Stratégique (AIMS)*. Strasbourg, 17-18 septembre 2015. Co-auteur : Amel Attour.

38. « Apprendre dans l'action en environnement virtuel : Une étude de cas », *8<sup>ème</sup> Conférence sur la Gestion des Connaissances dans la Société et les Organisations* (GeCSO). Bordeaux, 24-26 juin 2015.
39. « De l'apprentissage expérientiel à l'apprentissage organisationnel : le cas du Centre de Guerre Aérospatial des Forces Canadiennes ». *7<sup>ème</sup> Conférence sur la Gestion des Connaissances dans la Société et les Organisations* (GeCSO). Aix en Provence, 3-6 juin 2014. Co-auteur : Anaïs Gautier.
40. « Conception innovante d'un système complexe : le cas du nEUROn ». *6<sup>ème</sup> Conférence sur la Gestion des Connaissances dans la Société et les Organisations* (GeCSO). Nancy, 4-7 juin 2013.
41. « Utiliser les techniques de simulation pour développer les compétences : L'exemple des métiers du transport aérien militaire ». *5<sup>ème</sup> Conférence sur la Gestion des Connaissances dans la Société et les Organisations* (GeCSO). Montréal (Canada), 30 mai – 1<sup>er</sup> juin 2012.
42. “On designing organizational learning architecture to coordinate individual and collective learning processes: Illustrations from the US military organizations”. *Workshop on Information and Organizational Architecture*, Bruxelles (Belgique), 9-10 mars 2012. Co-auteur : Cécile Godé.
43. “Organizing action learning processes in the French Air Force aircrews”. *27<sup>th</sup> European Group for Organizational Studies Colloquium* (E.G.O.S.). Gothenburg (Suède), 7-9 juillet 2011. Co-auteur : Cécile Godé.
44. « De l'apprentissage dans l'action à la conception d'une architecture d'apprentissage organisationnel ». *XX<sup>ème</sup> Conférence de l'Association Internationale de Management Stratégique* (A.I.M.S.). Nantes (France), 6-9 juin 2011. Co-auteur : Cécile Godé.
45. « Apprentissage expérientiel et performance collective : illustration à partir du processus de débriefing dans l'Armée de l'air ». *4<sup>ème</sup> Conférence sur la Gestion des Connaissances, dans la Société et les Organisations* (GeCSO). Clermont-Ferrand (France), 19-20 mai 2011. Co-auteur : Cécile Godé.
46. “How do organizations manage to develop innovation within collaborative and interactive environments? Lessons learned from a Cold War military project”.

*Opening up Innovation: Strategy, organization and Technology, DRUID Summer Conference.* Londres (Grande Bretagne), 16-18 juin 2010.

47. « L'innovation comme communauté de communautés : une étude de cas historique », *XIXème Conférence de l'Association Internationale de Management Stratégique (A.I.M.S.)*. Luxembourg (Luxembourg), 2-4 juin 2010.
48. "Open innovation capabilities: Insights from a historical case study". *Open Source Innovation (beyond software) Turning dispersed ideas and efforts into successful businesses?*. Conférence organisée par le BETA (Université Louis Pasteur) & DRUID. Strasbourg (France), 25-26 février 2009.
49. "How do organizations make use of ICTs to cope with organizational complexities ? A case study". *6th International Conference on Intellectual Capital Knowledge Management and organizational learning (I.C.I.C.K.M.)*. Montréal (Canada), 01-02 octobre 2009. Co-auteur : Cécile Godé.
50. « Gérer dans la complexité: quels rôles pour les technologies de collaboration ? ». *XVIIIème Conférence de l'Association Internationale de Management Stratégique (A.I.M.S.)*. Grenoble (France), 3-5 juin 2009. Co-auteur : Cécile Godé.
51. "How do organizations learn to develop capabilities? The case of French Air force fighter squadrons". *9<sup>th</sup> European Conference on Knowledge Management (E.C.K.M.)*. Southampton (UK), 6-7 septembre 2009. Co-auteur : Cécile Godé.
52. "Towards a unified model of organization design: Applying the principle of decomposition to design organization knowledge and structures". *24th European Group for Organizational Studies Colloquium (E.G.O.S.)*. Amsterdam (Pays-Bas), 10-12 juillet 2008.
53. "How do agents coordinate in the "El Farol"?"". *Modèles et Apprentissage en Sciences Humaines et Sociales (M.A.S.H.S.)*. Colloque organisé par les universités Paris 12 (ERUDITE) et Paris 1 (SAMOS-MATISSE), Créteil (France), 5-6 juin 2008. Co-auteur : Gilles Enée.
54. "Managing knowledge within military open source software (M.O.S.S.) projects". *4<sup>th</sup> International Conference on Intellectual Capital Knowledge Management and organizational learning (I.C.I.C.K.M.)*. Le Cap (Afrique du sud), 15-16 octobre 2007. Co-auteur : Thomas Le Texier.

55. “Managing knowledge and innovation within open source software projects: The case of the U.S. Department of Defense”. *3<sup>rd</sup> Knowledge Forum 2007*. Forum organisé par la *Knowledge Management Society of Japan (KMSJ)*. Sophia Antipolis (France), 26-27 septembre 2007. Co-auteur : Thomas Le Texier.
56. “Acquiring core capabilities through organizational learning: Illustrations from the U.S. military organizations”. *23<sup>rd</sup> European Group for Organizational Studies Colloquium (E.G.O.S.)*. Vienne (Autriche), 5-7 juillet. Co-auteur : Cécile Godé.
57. “Modularity in organization and transformation of the U.S. Army”. *3<sup>rd</sup> Western Business and Management Association Conference (W.B.M.)*. Las Vegas (USA), 15-17 octobre 2006.
58. “Knowledge intensive communities and modularity in innovation: Examples from the early IT industry”. *17<sup>th</sup> Knowledge Management Society of Korea Academic Symposium: World Conference on Intellectual Capital (W.C.I.C.)*. Seoul (Corée du sud), 21-22 septembre 2006.
59. “Competition for scarce resources: Can indecision improve agents’ adaptation and coordination?”. *1<sup>st</sup> International Conference on Cognitive Economics (CogEco)*. Sofia (Bulgarie), 5-8 août 2005. Co-auteur : Gilles Enée.
60. “Endogenous formation of preferences and asymmetric coordination in an Agent-based model”. *9<sup>th</sup> Workshop in Economics on Heterogeneous Interacting Agents (W.E.H.I.A.)*. Kyoto (Japon), 27-29 mai 2004. Co-auteur : Gilles Enée.
61. “Coordination, memory effects and evolutionary learning in an Agent-based model”. *1<sup>st</sup> European Social Simulation Association Conference (E.S.S.A.)*. Groningen (Pays-Bas), 18-21 septembre 2003. Co-auteur : Gilles Enée.
62. “Adapted Pittsburgh-style classifier systems: Case-study”. *Parallel Problem Solving From Nature Conference (P.P.S.N.)*. Grenade (Espagne), 07-08 septembre 2002. Co-auteur : Gilles Enée.
63. “Coordination processes and adaptive learning in the El farol: An agent-based perspective”. *Workshop on Cognitive Economics*. Turin (Italie), 15-18 novembre 2000. Co-auteur : Gilles Enée.

## V. REVUES DE VULGARISATION

64. « Cyber résilience et cognition humaine en milieu aérospatial : vers une collaboration entre intelligence artificielle et intelligence humaine ». *Défense & Sécurité Internationale (DSI)*, à paraître. Co-auteurs : Paul Théron, Ludovic Fabre.
65. « Cyber-défense et cyber-sécurité du milieu aérospatial : quelles spécificités ? Quelles ambitions ? ». *Penser les Ailes Françaises*, 2015, n°32pp. 89-96.
66. « Y-a-t-il un pilote dans le drone ? Une approche en terme de compétences des opérateurs ». *Défense & Sécurité Internationale (DSI)*, n°54, décembre 2009, pp. 35-39. Co-auteurs : Grégory Boutherin, Cyril Camachon, Christophe Pajon.

## II. ETUDES ET CONTRATS DE RECHERCHE

67. *Les centres tactiques dans les armées de l'air majeures : quels enseignements ?* (Contrat de recherche sur commande du Bureau Plan de l'Etat major de l'Armée de l'air (E.M.A.A.). 2012. 97 pages. Co-auteurs : Cécile Godé, Anaïs Gautier.
68. *Maintien et transfert des compétences dans les escadrons de transport tactique : du Transall à l'A400M*. Contrat de recherche sur commande du Bureau Plan de l'Etat major de l'Armée de l'air (E.M.A.A.). 2010. 105 pages. Co-auteur : Cécile Godé.
69. *Les compétences de l'armée de l'air à horizon 2015*. Contrat de recherche sur commande du Bureau Plan de l'Etat major de l'Armée de l'air (E.M.A.A.). 2008. 125 pages. Co-auteurs : Cécile Godé, Valérie Mérindol, David Versailles.
70. *Gestion des connaissances et organisations de Défense : une réflexion autour du Network Centric Warfare*. Contrat de recherche coordonné par la Délégation aux Affaires Stratégiques, sous direction « défense, technologie et prolifération », Ministère de la Défense. 2005. 205 pages. Co-auteurs : Cécile Godé, Valérie Mérindol, David Versailles.

## LISTES DES TRAVAUX CITES DANS LE MEMOIRE

- Abernathy, W., Utterback, J. (1978), "Patterns of industrial innovation", *Technology Review*, 80, 3-22.
- Agkun, A.E., Lynn G.S., and Byrne, J.C. (2003) 'Organizational learning: A socio-cognitive framework', *Human relations*, 56(7), 839-868.
- Aldrich, H.E., Fiol, C.M. (1994), "Fools rush in? The institutional context of industry creation", *The Academy of Management Review*, 19(4), 645-670.
- Anderson, P. (1999), "Complexity theory and organization science", *Organization Science*, 10(3), 216-232.
- Anderson, P., Tushman, M.L. (1990), "Technological discontinuities and dominant designs: a cyclical model of technological change", *Administrative Science Quarterly*, 35(4), 604-633.
- Antonacopoulou, E.P (2006), "The Relationship Between Individual and Organizational Learning: New Evidence from Managerial Learning Practices", *Management Learning*, 37(4), 455-473.
- Antonacopoulou, E.P., Chiva, R. (2007) "The social complexity of organizational learning; The dynamics of learning and organizing", *Management Learning*, 38(3), 277-295.
- Arena, R. (2001), "A propos de la place de l'organisation et des institutions dans l'analyse économique de Marshall : une interprétation évolutionniste », *Revue d'Economie Politique*, 97, 103-122.
- Arena, R., Lazaric, N. (2003), "La théorie évolutionniste du changement économique de Nelson et Winter : Une analyse économique rétrospective", *Revue Economique*, 54(2), 329-354.
- Argyris C., Schön D. (1978), *Organizational Learning: A Theory of Action Perspective*, Reading MA: Addison-Wesley.
- Armstrong, S., Mahmud, A. (2008), "Experiential learning and the acquisition of managerial tacit knowledge", *Academy of Management Learning & Education*, 7(2), 189-208
- Arthur W.B., (1991), "Designing economic agents that act like human agents: A behavioural approach to bounded rationality", *American Economic Review*, 81 (2), 353-359.

- Arthur WB (1993), "On designing economic agents that behave like human agents", *Journal of Evolutionary Economics*, 3, 1–22
- Arthur W.B. (1994), "Inductive reasoning and bounded rationality", *American Economic Review*, 84(2), 406-411.
- Arthur W.B. (2000), "Cognition: The black box of economics", In Colander D. (ed.), *The Complexity Vision and the Teaching of Economics*, Northampton (Mass.), Edward Elgar Publishing, chap. 3 (7 pages).
- Arthur W.B. (2007), "The structure of invention", *Research Policy*, 36(2), p. 274-287.
- Arthur W.B., Holland J.H., LeBaron B., Palmer R. (1994), "Artificial economic life: a simple model of a stockmarket", *Physica D*, 75, 264-274.
- Attour, A., Barbaroux, P. (2016a), « Naissance des écosystèmes d'affaires : une articulation des compétences intra et inter-organisationnelles », *Gestion 2000*, 2016/4, juillet-aout, pp. 59-76.
- Attour, A., Barbaroux, P. (2016b), "The role of knowledge processes in a business ecosystem's lifecycle". *Journal of the Knowledge Economy*, 2016, DOI 10.1007/s13132-016-0395-3.
- Audrescht, D.B., Feldman, M.P. (1996), "Innovative clusters and industry life cycle, *Review of Industrial Organization*, 11, 253-273.
- Audrescht, D.B. (1991), "New-firm survival and the technological regime", *The Review of Economics and Statistics*, 73(3), 441-450.
- Baird, L., Henderson J.C., Watts S. (1997), "Learning from Action: An Analysis of the Center for Army Lessons Learned (CALL)", *Human Resource Management*, 36(4), 385-395.
- Balogun J., Huff A., Johnson P. (2003), "Three responses to the methodological challenges of studying strategizing", *Journal of Management Studies*, 40(1), 197-224
- Bapuji, H., and Crossan, M. (2004), "From questions to answers: Reviewing organizational learning research", *Management Learning*, 35(4): 397-417.
- Bar-Yam, Y. (1997), *Dynamics of Complex Systems*, Cambridge, MA: Perseus Press, 848 pages.
- Baran, P. (1964), "On distributed communication networks", *IEEE Transactions on Communication Systems*, 12, 1-9.

- Barbaroux, P. (2009), « L'émergence des règles de coordination dans un modèle d'Agents : une contribution à l'analyse évolutionniste du changement économique ». *Revue Economique*, 2009, Vol. 60, n°5, pp. 1359-1392.
- Barbaroux, P. (2011), « Technologie polyfonctionnelle et compétences des acteurs : le cas des pilotes de chasse de l'armée de l'air ». *Revue Française de Gestion*, 2011/3, n° 212, pp. 29-43.
- Barbaroux, P. (2012), "Identifying collaborative innovation capabilities: Insights from the ARPANET project". *European Journal of Innovation Management*, 2012, Vol. 15, n° 2, pp. 232-258.
- Barbaroux, P. (2014), "Innovation disruptive et naissance d'un écosystème : voyage aux origines de l'Internet". *Revue d'Economie Industrielle*, 2014,146/2, p. 27-59.
- Barbaroux, P., Attour, A. (2016), "Interactive approaches to innovation and knowledge management". *Journal of Innovation Economics & Management*. 2016/1, n°19, pp. 3-10.
- Barbaroux, P., Attour, A., Schenk, E. (2016), *Knowledge Management and Innovation: Interaction, Collaboration, and Openness*. ISTE publishing, 130 pages.
- Barney, J. (1991), "Firms resources and sustained competitive advantage", *Journal of Management* , 17(1), 99-120.
- Battisti, G., Stoneman, P. (2010), "How innovative are UK firms? Evidence from the fourth UK community innovation survey on synergies between technological and organizational innovation", *British Journal of Management*, 21(1), 187-206.
- Beauvois J.L., Joule R.V. (1996), *A Radical Dissonance Theory*, Taylor & Francis publishing.
- Becker, M.C., Lazaric, N., Nelson, R.R., Winter, S.G. (2005), "Applying organizational routines in understanding organizational change", *Industrial and Corporate Change*, 14(5), 775-791.
- Bizony, P. (2007), "Golden age of space", *Engineering & Technology*, 2(10), 22-26.
- Boisot M. (1995), *Information Space: A framework for learning in organizations, institutions and culture*. Routledge, London.
- Boisot, M. (1998), *Knowledge Assets: Securing Competitive Advantage in the Information Economy*, Oxford University press, Oxford.

- Bottazzi G., Devetag G. (2003), "A laboratory experiment on the minority game", *Physica A*, 32, 124-132.
- Bottazzi G., Devetag G. (2007), "Competition and coordination in experimental minority games", *Journal of Evolutionary Economics*, 17, 241-275.
- Boyer, A. (2007), « L'épistémologie darwinienne de Karl Popper : Instruction et sélection », *Philosophia Scientiae*, 11(1), 149-157.
- Brenner T. (1999), *Modeling Learning in Economics*. Edward Elgar (ed).
- Brook et al. (2012), "Some debate and challenges in the literature on action learning: the state of the art since Revans", *Human Resource Development International*, 15(3), 269-282.
- Brusoni, S., Prencipe, A., Pavitt, K. (2001), "Knowledge specialization, organizational coupling, and the boundaries of the firm: Why do firms know more than they make?", *Administrative Science Quarterly*, 46(4), 597-621.
- Burgelman, R.A., Maidique, M., Wheelright, S. (2004), *Strategic Management of Technology and Innovation*, McGraw-Hill, New York.
- Burton-Jones et Straub, 2006
- Cannon, M.D., A.C. Edmondson (2005), "Failing to Learn and Learning to Fail (Intelligently): How Great Organizations Put Failure to Work to Innovate and Improve", *Long Range Planning*, 38, 299-319.
- Carmeli, A. (2007), "Social capital, psychological safety and learning behaviours from failures in organizations", *Long Range Planning*, 40, 30-44.
- Cappelli, P. (1993), "Are skill requirements rising? Evidence from production and clerical jobs", *Industrial and Labor Relations Review*, 46(3), 515-530.
- Carton S., De Vaujany F.X., Perez M., Romeyer C. (2006), « Vers une théorie de l'appropriation des outils de gestion informatisés : une approche intégrative », *Management et Avenir*, 3(9), 159-179.
- Casillas, J., Acedo, F., Barbero, J. (2010), "Learning, unlearning and internationalisation: Evidence from the pre-export phase", *International Journal of Information Management*, 30, 162-173.
- Catino M., Patriotta G. (2013), "Learning from errors: Cognition, emotions, and safety culture in the Italian Air Force", *Organization Studies*, Vol. 34, N°4, p. 437-467.

- Cegarra-Navarro, J-G., Cepeda-Carrion, G., Eldridge, S. (2011), "Managing environmental knowledge through an unlearning context", *International Journal of Information Management*, 31(5), 420-427.
- Challet, D. (2008), "Inter-pattern speculation: Beyond minority, majority and \$-games", *Journal of Economic Dynamics and Control*, 32(1), 85-100.
- Challet D., Zhang Y.C. (1997), "Emergence of cooperation and organization in an evolutionary game", *Physica A*, 246, 407-418.
- Challet D., Marsili M., Ottino, G. (2004), "Shedding light on El Farol", *Physica A*, 332, 469-482.
- Challet D., Marsili M., Zhang Y.C. (2000), "Modelling market mechanism with minority game", *Physica A*, 276 (1-2), 284-315.
- Challet D., Marsili M., Zhang Y.C. (2001), "From minority games to real markets", *Physica A*, 294, 514-524.
- Chen, D.L., Schonger, M., Wickens, C. (2016), "oTree: An open-source platform for laboratory, online, and field experiments", *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 9, 88-97.
- Chmura T., Pitz T. (2006), "Successful strategies in repeated minority games", *Physica A*, 363, 477-480.
- Challet D., Marsili M., Zhang Y.C. (2001), "Stylized facts of financial markets and market crashes in minority games", *Physica A*, 294 (3-4), 514-524
- Chamberlin E.H. (1948), "An experimental imperfect market", *Journal of Political Economy*, 56(2), 95-108.
- Chen, D.L., Schronger, M., Wickens, C. (2016), "oTree – An open source platform for laboratory, online, and field experiments", *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 9, 88-97.
- Chesbrough, H. (2003), *Open Innovation – The New Imperative for Creating and Profiting from technology*, HBS Press.
- Chmura T., Pitz T. (2006), "Successful strategies in repeated Minority Games", *Physica A*, 363, 477-480.

- Cho, Y., Egan, T.M. (2009), “Action Learning Research: A systematic review and conceptual framework”, *Human Resource Development Review*, 8(4), 431-462.
- Cilliers, P. (1998), *Complexity and Postmodernism. Understanding Complex Systems*, London: Routledge.
- Cohen, W.M., Levinthal, D.A. (1990), “Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation”, *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128-152.
- Cohendet, P., Llerena P. (1999), « Flexibilité et modes d’organisation », *Revue Française de Gestion*, 123, 72-79.
- Cohendet, P., Llerena P. (2003), “Routines and incentives : the role of communities in the firm”, *Industrial and Corporate Change*, 12(2), 271-297.
- Comim, F. (2000), “The Santa Fe approach to complexity: A Marshallian evaluation”, *Structural Change and Economic Dynamics*, 11, 25-43.
- Cordes, C. (2007), “Turning economics into an evolutionary science: Veblen, the selection metaphor and analogical thinking”, *Journal of Economic Issues*, 41(1), 135-154.
- Cosmides L., Tooby J. (1987), “From evolution to behavior: Evolutionary psychology as the missing link”. In *The latest on the best: Essays on evolution and optimality*, Dupre J., (ed.), Cambridge, MA: MIT Press.
- Cyert, R., March, J. (1963), *A Behavioral Theory of the Firm*, Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Cummings, L.L., O’Connell, M.J. (1978), “Organizational innovation: A model and needed research”, *Journal of Business Research*, 6(1), 33-50.
- Daft, R. (1978), “A dual-core model of organizational innovation”, *The Academy of Management Journal*, 21(2), 193-210.
- Daft, R., Weick K. (1984) “Toward a model of organizations as interpretation systems”, *Academy of Management Review*, 9(2), 284-295.
- Daft, R.L., Lengel, R.H. (1986) “Organizational information requirements, media richness and structural design”, *Management Science*, 32(5), 554-571.
- Davies, A., Hobday, M. (2005), *The Business of Projects. Managing Innovation in Complex Product Systems*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Dawkins, R. (1976), *The Selfish Gene*, Oxford University Press: Oxford – New York.

- Dean, J.W., Yoon S.J., Susman, G.I. (1992), "Advanced manufacturing technology and organization structure: Empowerment or subordination?", *Organization Science*, 3(2), 203-229.
- Dewey J. (1938), *Logique : La théorie de l'enquête*, New York : Henry Holt & Company.
- Dosi, G., Marengo, L. (2007), "On the evolutionary and behavioural theories of organizations: A tentative Roadmap", *Organization Science*, 18(3), 491-502.
- Dosi G., Marengo I., Bassanini A. et Valente M. (1999), « Norms as emergent properties of adaptive learning: the case of economic routines », *Journal of Evolutionary Economics*, 9 (1), 5-26.
- Droege, S., Lane, M., Spiller, S. (2011), "Intersecting three muddy roads: Stability, legitimacy, and change", *Journal of Managerial Studies*, 23(1), 96-112.
- Duffy, J. (2001), "Learning to speculate: Experiments with artificial and real agents", *Journal of Economics Dynamics & Control*, 25, 295-319.
- Easley R., Devaraj S., Crant J. (2003), "Relating collaborative technology use to teamwork quality and performance: An empirical analysis," *Journal of Management Information Systems*, 19(4), 249-270.
- Earl P.E. (1990), "Economics and psychology: a survey", *Economic Journal*, 100, September, 718-755.
- Edmonds, B. (1999), "Gossip, sexual reproduction and the El Farol bar: modelling the emergence of heterogeneity", *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 2, 1-7.
- Edmondson, A. (1996), "Learning from mistakes is easier said than done: Group and organizational influences on the detection and correction of human error", *The Journal of Applied Behavioral Science*, 32, 5-28.
- Edmondson A. (2002), "The local and variegated nature of learning in organizations", *Organization Science*, 13(2), 128-146.
- Elkjaer, B. (2004), Organizational Learning: The 'third way', *Management Learning*, 35(4), 419-434.
- Elster J. (1998), "Emotions and economic theory", *Journal of Economic Literature*, XXXVI, March, 47-74.

- Festinger L. (1957), *A Theory of Cognitive Dissonance*, Stanford CA : Stanford University Press.
- Fiedler, S. (2010), “Managing resistance in an organizational transformation: A case study from a mobile operator company”, *International Journal of Project Management*, 28(4), 370-383.
- Fontana M. (2006), “Computer simulations, mathematics and economics”, *International Review of Economics*, 53(1), 96-123.
- Forbes, D.P., Kirsch, D.A. (2011), “The study of emerging industries: recognizing and responding to some central problems”, *Journal of Business Venturing*, 26, 589-302.
- Ford, J.D., Ford, L.W., D’Amelio, A. (2008), “Resistance to change: The rest of the story”, *The Academy of Management Review*, 33(2), p. 362-377.
- Galunic, D.C., Eisenhardt, K.M., “Architectural innovation and modular corporate forms”, *The Academy of Management Journal*, 44(6), 1229-1249.
- Gilbert, M. Cordey-Hayes, M. (1996). “Understanding the process of knowledge transfer to achieve successful technological innovation”, *Technovation*, 16(2), 301-312.
- Godé, C., Barbaroux, P. (2010), « La fabrique des usages technologiques en environnement volatil ». *Management & Avenir*, 2010/2, n°32, pp.71-90.
- Godé, C., Melkonian, T., Picq, T. (2016), « Performance collective : Quels enseignements des contextes extrêmes ? », *Revue Française de Gestion*, 257(4), 73-78.
- Gompers, P., Lerner, J. (2001), “The venture capital revolution”, in *The Journal of Economic Perspectives*, 15(2), 145-168.
- Groleau C. (2000), « La théorie de la structuration appliquée aux organisations : le cas des études sur la technologie », in D. Autissier et F. Wacheux (dir.) : *Structuration et management des organisations*, L’Harmattan, Paris, 264-309.
- Groleau C. (2002), “Structuration, situated action and distributed cognition: Rethinking the computerization of organizations”, *Systèmes d’Information et Management*, 7(2), 13-36.
- Habermas, J. (1979), *Legitimation Crisis*, trans. T. McCarthy. Cambridge: Polity Press.
- Habermas, J. (1984), *Communication and the Evolution of Society*, trans. T. McCarthy. Cambridge: Polity Press.

- Hafsi, T., Lambert, G. (2012), «Le management de l'oubli dans la conduite des organisations », *revue Française d'Economie*, 27(4), 149-183.
- Hannan, M.T., Freeman, J. (1977), «The population ecology of organizations», *American Journal of Sociology*, 82(5), 929-964.
- Hannan, M.T. (2005), «Ecologies of organizations: diversity and identity», *The Journal of Economic Perspectives*, 19(1), 51-70.
- Hayek F.A. (1945), «The use of knowledge in society», *American Economic Review*, 35(4), reprint in S. Littlechild (Ed.), *Austrian Economics Volume III*, Edward Elgar, 1996.
- Hayek F.A. (1948), «The meaning of competition », in F.A. Hayek, *Individualism and Economic Order*, University of Chicago Press.
- Hayek F.A. (1952) , *L'ordre Sensoriel, une enquête sur les fondements de la psychologie théorique*. CNRS Editions, 1952 (2001 édition française).
- Henderson, R.M., Clark, K.B. (1990), «Architectural Innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms», *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 9-30.
- Henrich J., Boyd R., Bowles S., Camerer C., Fehr E., Gintis H. et McElreath R. (2001), «In search of homo economicus: Behavioral experiments in 15 small-scale societies». *American Economic Review*, 91(2), 73-78.
- Hercog, L.M., Fogarty, T.C. (2001), «Social simulation using a Multi-Zgent Model based on classifier systems: The emergence of vacillating behaviour in «El Farol» bar problem», *International Workshop in Learning Classifier Systems*, 2001.
- Hislop D., Bosley, S., Coombs, C.R., Holland, J. (2014), «The process of individual unlearning: A neglected topic in an under-researched field», *Management Learning*, 45(5), 540-560.
- Hobday, M. (1998), «Product complexity, innovation and industrial organisation», *Research Policy*, 26(6), 689-710.
- Hodgson, G. (1993), «*Economics and Evolution : Bringing Life Back Into Economics*, Polity Press and University of Michigan Press: Cambridge and Ann Arbor.
- Hodgson, G. (1996), «The challenge of evolutionary economics», *Journal of Institutional and Theoretical Economics*, 152(4), 697-706.

- Hodgson, G. (1998), "On the evolution of Thorstein Veblen's evolutionary economics", *Cambridge Journal of Economics*, 22, 415-431.
- Holland J. (1975), *Adaptation in natural and Artificial Systems*, Ann Arbor (mi), University of Michigan Press.
- Holland J., Holyoak, K. Nisbett R.E., Thagard P.R. (1986), *Induction. Processes of inference, learning and discovery*, Cambridge (Mass.), MIT Press.
- Holland J., Miller J. (1991), "Artificial Adaptive Agents in economic theory", *American Economic Review*, 81, 365-70.
- Holmqvist, M. (2009), "Complicating the Organization: A New Prescription for the Learning organization?", *Management Learning*, 40(3), 275-287.
- Hussenot A. (2007), « Dynamiques d'appropriation organisationnelle des solutions TIC : une approche en termes de démarches itératives d'appropriation », *Systèmes d'Information et Management*, 12(1), 39-53.
- Hugues, T. P. (2004), *American Genesis. A Century of Invention and Technological Enthusiasm, 1870-1970*, The University of Chicago Press, Chicago.
- Hwang, A.S. (2004), "Integration technology, marketing and management innovation", *Research Technology Management*, 47(4), 27-31.
- Jarzabkowski P., Balogun J., Seidl D. (2007), "Strategizing: The challenges of a practice perspective", *Human Relations*, 60(1), 5-27.
- Keppler, S., Graddy, E. (1990), "The evolution of new industry and the determinants of market structure", *The RAND Journal of Economics*, 21(1), 27-44.
- Khalil, E.S. (1998), "The five careers of the biological metaphor in economic theory", *Journal of Socioeconomics*, 27(1), 29-52.
- Kirkpatrick, G. (2003), "Evolution of progress? A (critical) defence of Habermas's theory of social development", *Thesis Eleven*, 72, 91-112.
- Klein, G. (2008), "Naturalistic decision making", *Human Factors*, 50(3), 456-460.
- Kleinrock, L. (1964), *Communication Nets: Stochastic Message Flow and Delay*, McGraw-Hill, New-York, NY.
- Kleinrock, M. (2008), "History of the Internet and its flexible structure", *IEEE Wireless Communication*, February, 8-18.

- Klingert, F.M.A., Meyer, M. (2012), “Effectively combining experimental economics and multi-agent simulation: suggestions for a procedural integration with an example from prediction market research”, *Computational and Mathematical Organization Theory*, 18, 63-90.
- Kolb D. (1984), *Experiential Learning: Experience as a source of learning and development*, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Kotter, J., Schlesinger, L. (1979), “Choosing strategies for change”, *Harvard Business Review*, 57(2), 106-114.
- Langlois, R.N. (2002), “Modularity in technology and organization”, *Journal of Economic Behavior and Organization*, 49(1), 19-37.
- Laureti P., Ruch P., Wakeling J., Zhang Y.C. [2004], « The interactive minority game: A Web-based investigation of human market interactions », *Physica A*, 331(3-4), 651-659.
- Laville, F. (200), « La cognition située », *Revue Economique*, 51(6) , 1013-1033.
- Lee, L.T-S., Sukoco, B.M. (2011), “Reflexivity, stress, and unlearning in the new product development team: The moderating effect of procedural justice”, *R&D Management*, 41(4), 410-423.
- Leiner, B.M., Cerf, V.G., Clark, D.D., Kahn, R.E., Kleinrock, L., Lynch, D.C., Postel, J., Roberts, L.G., Wolf, S.S. (1997), “The past and future history of the Internet”, *Communication of the ACM*, 40(2), 102-108.
- Leonardi P., Barley S. (2008), “Materiality and change: Challenges to building better theory about technology and organizing”, *Information and Organization*, 18(3), 159-176.
- Lewin, A.Y., Volberda, H.W. (1999), “Prolegomena on co evolution: A framework for research on strategy and new organizational forms”, *Organization Science*, 10(5), 519-534.
- Lipshitz, R., Popper, M., et V.J. Friedman (2002), A Multifacet Model of Organizational Learning, *Journal of Applied Behavioral Science*, 38(1), 78-98.
- Madsen, P.M., Desai, V. (2010), “Failing to learn? The effects of failure and success on organizational learning in the global orbital launch vehicle industry”, *Academy of Management Journal*, 53(3), 451-476.

- Magazzini, L., Pammolli, F., Riccaboni, M. (2012), "Learning from failures or failing to learn? Lessons from pharmaceutical R&D", *European Management Review*, 9, 45-58.
- Marsili M. (2001), "Market mechanism and expectations in minority games", *Physica A*, 299 (1-2), 93-10.
- Marshall, A. (1909), *Principes d'Economie Politique*, traduction française de *Principles of Political Economy*, 1890, Mac Millan : London.
- Marshall, N. (2008), "Cognitive and Practice-based Theories of Organizational Knowledge and Learning: Incompatible or Complementary?", *Management Learning*, 39(4), 413-435.
- Marsick, V.J, O'Neil, J. (1999), "The many faces of action learning", *Management Learning*, 30(2), 159-176.
- Masseti B. et Zmud R. (1996), "Measuring the extent of EDI usage in complex organizations: Strategies and illustrative Examples," *MIS Quarterly*, 20(3), 331-345.
- McDougall, W. (1985), "Space-Age Europe: Gaullism, Euro-Gaullism, and the american dilemma", *Technology and Culture*, 26(2), 179-203.
- McQuaid, K. (2006), "Selling the space-age: NASA and the earth's environment, 1958-1990", *Environment and History*, 12(2), 127-163.
- Miller, D. (2004), "Building sustainable change capability", *Industrial and Commercial Training*, 36, 9-12.
- Mintzberg, H. (1989), *Le Management : Voyage au Centre des Organisations*, Eyrolles Editions d'Organisation, 2<sup>ème</sup> édition (2004).
- Moldoveanu, M., Singh, J. (2003), "The evolutionary metaphor: a synthetic framework for the study of strategic organization", *Strategic Organization*, 1(4), 439-449.
- Moore, J. (1993), "Predators and prey: A new ecology of competition", *Harvard Business Review*, 71(3), 75-86.
- Moore, J. (1996), *The death of competition – Leadership and strategy in the age of business ecosystems*, Harper Business, From Motor City Books (Brownstown, MI, U.S.A.).
- Moore, J. (2006), "Business ecosystems and the view from the firm", *The Antitrust Bulletin*, 51(1), 31-75.

- Nambisan, S., Baron, R. A. (2013, “Entrepreneurship in innovation ecosystems: Entrepreneurs’ self-regulatory processes and their implications for new venture success”, *Entrepreneurship Theory & Practice*, 37(5), 1071-1097.
- Nelson, R.R., Winter, S.G. (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge Massachussets, Belknap Press: Harvard University Press.
- Nelson K.M., Ghods, M. (1998), “Measuring technology flexibility”, *European Journal of Information Systems*, 7, 232-240.
- Nelson, R.R. (1995), “Co-evolution of industry structure, technology and supporting institutions, and the making of comparative advantage”, *International Journal of the Economics of Business*, 2(2), 171-184.
- Nygaard, S. (2008), *Co-evolution of Technology, Markets and Institutions – the Case of Fuel Cells and Hydrogen Technology in Europe*, Ph Dissertation, Lund University publishing, 287 pages (ISBN: 978-91-977285-0-8).
- Nystrom, P.C., Starbuck, W.H. (1984), “To avoid organizational crisis, unlearn”, *Organizational Dynamics*, 12, 53-65.
- Olleros, F.-J. (1986), “Emerging industries and the burnout of pioneers”, *Journal of Product Innovation Management*, 3(1), 5-18.
- Orlean A. (1992), « Contagion des opinions et fonctionnement des marchés financiers », *Revue économique*, 43(4), 685-697.
- Orlikowski W. (2007), “Sociomaterial practices: Exploring technology at work”, *Organization Studies*, 28(9), 1435-1448.
- Orlikowski W. (1992), “The duality of technology: Rethinking the concept of technology in organizations”, *Organization Science*, 3(3), 398-427.
- Orlikowski W. (2000), « Using technology and constituting structures: A practice lens for studying technology in organizations », *Organization Science*, 11(4), 404-428.
- Orlikowski W. (2002), “Knowing in practice: Enacting a collective capability in distributed organizing”, *Organization Science*, 13(3), 249-273.
- Orlikowski W. (2005), “Material works: Exploring the situated entanglement of technological performativity and human agency”, *Scandinavian Journal of Information Systems*, 17(1), 183-186.

- Orlikowski W., Scott S. (2008), "The entangling of technology and work in organizations", Department of Management, London school of Economics and Political Science, *Working Paper Series*, February, 1-46.
- Ormerod R. (2006), "The history and ideas of pragmatism", *The Journal of Operational Research Society*, 57(8), 892-909.
- Orton, J.E., Weick, K.E. (1990), "Loosely coupled systems: A re-conceptualization", *Academy of Management Review*, 15(2), 203-223.
- Paradeise C., Lichtenberger Y. (2001), « Compétences, compétence », *Sociologie du Travail*, 43, 33-48.
- Pedler, M. (1991), *Action Learning in Practice*, London: Gower.
- Peltoniemi, M. (2011), "Reviewing industry life-cycle theory: avenues for future research", *International Journal of Management Reviews*, 13, 349-375.
- Pénin, J. (2015), « Brevet et innovation : Comment restaurer l'efficacité dynamique des brevets ? », *Revue d'Economie Industrielle*, 151, 127-160.
- Platkowski T., Ramsza M. (2003), "Playing minority game", *Physica A*, 323, 726-734.
- Powell, J.H., Wakeley, T.M. (2003), "Evolutionary concepts and business economics: Towards a normative approach", *Journal of Business Research*, 56, 153-161.
- Rabin M. (1993), "Incorporating fairness into game theory and economics", *American Economic Review*, 83(5), 1281-1302.
- Rabin M. (1998), "Psychology and economics", *Journal of Economic Literature*, XXXVI, March, 11-46.
- Revans R.W. (1982), *The Origin and Growth of Action Learning*, Brickley: Chartwell-Bratt.
- Rizzello, S., Turvani, M. (2000), "Institutions meet mind: The way out of an impasse", *Constitutional Political Economy*, 11, 165-180.
- Roberts, L., Marrill, T. (1966), "A cooperative network of time-sharing computers", *Technical Report*, N°11, Computer Corporation of America, Boston, MA, June 1.
- Rocha, R.S., Granerud, L. (2011), "The search for legitimacy and organizational change: The agency of subordinated actors", *Scandinavian Journal of Management*, 27(3), 261-272.

- Rochet, J.C., Tirole, J. (2006), "Two-sided markets: A progress report", *RAND Journal of Economics*, 37(3), 645-667.
- Ron R., Lipshitz R., Popper M. (2006), "How organizations learn: Post-flight reviews in a F16 fighter squadron", *Organization Studies*, 27(8), 1069-1089.
- Romme, G.L (2003), "Making a difference: Organization as design", *Organization Science*, 14(5), 558-573.
- Ruef, M., Scott, R.W. (1998), "A multidimensional model of organizational legitimacy: Hospital survival in changing institutional environments", *Administrative Science Quarterly*, 43(4), 877-904.
- Rullière J.L. (2003), « D'Adam Smith à Vernon Smith : La main invisible observée à travers les comportements expérimentaux », *Revue d'Economie Politique*, 113(3), 309-321.
- Russel, R. (1997), "Rival paradigms at work: Work reorganization and labour force impacts in a staple industry", *Revue Canadienne des Sciences Administratives*, 24(1), 25-52, 1997.
- Sanchez, R., Mahoney, J.T. (1996), "Modularity, flexibility, and knowledge management in product and organization design", *Strategic Management Journal*, 17(9), 63-76.
- Schein, E. (2010). *Organizational Culture and Leadership*, John Wiley and Sons, San Francisco.
- Schilling, M. (2000), "Toward a general modular systems theory and its application to interfirm product modularity", *Academy of Management Review*, 25(2), 312-334.
- Selten R., Schreckenberg M, Pitz T., Chmura T., Kube S. (2002), "Experiments and simulations on day-to-day route choice behaviour", *Bonn School of Economics Discussion Papers*, 35, 29p.
- Selten R., Chmura T., Pitz T., Kube S, et Schreckenberg M. (2007), "Commuters route choice behaviour", *Games and Economic Behavior*, 58(2), 394-406.
- Sigglekow, N., Rivkin, J.W. (2005), "Speed and search: Designing organizations for turbulence and complexity", *Organization Science*, 16(2), 101-122.
- Simon, H.A. (1969), *The Science of the Artificial*, MIT press. Simon, H.A. (2002), "Near decomposition and the speed of evolution", *Industrial and Structural Change*, 11(3), 587-599.

- Simpson, P. Bourner, T. (2007), "What action learning is not in the twenty-first century", *Action Learning: Research and Practice*, 2, 173-187.
- Smith V.L. (1962), "An experimental study of competitive market behaviour", *Journal of Political Economy*, 70(3), 111-137.
- Smith S (1980), *A learning system based on genetic algorithms*. PhD Thesis, Computer Science Department, University of Pittsburgh
- Sonpar, K., Pazzaglia, F., Kornijenko, J. (2010), "The paradox and constraints of legitimacy", *Journal of Business Ethics*, 95(1), 1-21.
- Soparnot, R. (2004), « L'évaluation des modèles de gestion du changement organisationnel : de la capacité de gestion du changement à la gestion des capacités de changement », *Gestion*, 29(4), 31-42.
- Soparnot, R. (2013), « Les effets des stratégies de changement organisationnel sur la résistance des individus », *Recherches en Sciences de Gestion*, 97(4), 23-43.
- Spencer, J.W. (2005), "How governments matter to new industry creation", *The Academy of Management Review*, 30(2), 321-337.
- Suchman, M.C. (1995), "Managing legitimacy: Strategic and institutional approaches", *The Academy of Management Review*, 20(3), 571-610.
- Szulanski, G. (1996), "Exploring internal stickiness: Impediments to the transfer of best practices within the firm", *Strategic Management Journal*, 17, 27-43.
- Teece, D., (1986), "Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy", *Research Policy*, 15, 285-305.
- Teece, D. J. (2010), "Business models, business strategy, and innovation", *Long Range Planning*, 43, 172-194.
- Teece, D., Pisano, G., and A. Shuen (1997), "Dynamic capability and strategic management", *Strategic Management Journal*, 18(7), 509-533.
- Tesfatsion L. (2002), "Agent-based computational economics: growing economies from the bottom-up", *Artificial Life*, 8, 55-82.
- Thomas, R., Hardy, C. (2011), "Reframing resistance, to organizational change", *Scandinavian Journal of Management*, 27(3), 322-331.

- Ulrich, K. (1995), "The role of product architecture in the manufacturing firm", *Research Policy*, 24, 419-440.
- Van de Ven, A.H., and Poole, M.S. (2006), "Alternative approaches for studying organizational change", *Organization Studies*, 26(9), 1377-1404.
- Vashdi, D.R., Bamberger, P.A., Erez, M. (2013), "Can surgical teams ever learn ? The role of coordination, complexity, and transitivity in action learning team", *Academy of Management Journal*, 36(4), 945-971
- Winter, S.G. (1984), "Schumpeterian competition in alternative technological regimes", *Journal of Economic Behavior and Organization*, 5, 287-320.
- Witt, U. (1993), *Evolutionary Economics*, Vol. 25. *International Library of Critical Writings in Economics*. Edward Elgar, Aldershot, UK;
- Yakhlef, A. (2007). "Knowledge transfer as the transformation of context", *Journal of High technology Management Research*, 18, 43-57.
- Zhao, B. (2011), "Learning from errors: The role of context, emotion, and personality", *Journal of Organizational Behavior*, 32, 435-463
- Zimmerman, M.A., Zeitz, G.J. (2002), "Achieving new venture growth by building legitimacy", *The Academy of Management Review*, 27(3), 414-431.
- Zollo, M. and S. Winter (2002), Deliberate Learning and the Evolution of Dynamic Capabilities, *Organization Science*, 13(3), 339-351.