

Étude prospective et stratégique commanditée par le Ministère de la Défense

EPS n°2013-42
Règlement de consultation
n°399129/SGA/SPAC/SDA du 02-07-2013

LA DUALITE DANS LES ENTREPRISES DE DEFENSE

RAPPORT FINAL

(VERSION PUBLIQUE)

Septembre 2014

ACADEMICS

ESG Management School • 25 rue Saint-Ambroise - 75011 Paris - France
Tél. : +33 1 53 364 400 • email : esgms@esgms.fr
Etablissement d'enseignement supérieur technique privé reconnu par l'Etat

esgms.fr

Your ref.: EPS-2013-42
Our ref.: DWV-ESGMS-2013-07-RAP#4

DRAFT (Version 4_040)
RAPPORT FINAL #4 CONSOL

Date: 19.NOV.2014
Page i of 79

Dr (Hab) Valérie MERINDOL Professeur, ESG MS co-directeur, chaire newPIC de l'ESG MS	Dr (Hab) David W. VERSAILLES Professeur, ESG MS co-directeur, chaire newPIC de l'ESG MS
cell: +33-0-617 09 06 43 fax: +33-0-1 777 25 233 email: vm@newpic.fr email: valerie@merindol.net	cell: +33-0-609 52 54 56 fax: +33-0-1 777 25 233 email: dwv@newpic.fr email: david@dwv.fr

Table des matières

TABLE DES MATIERES.....	III
LISTE DES FIGURES.....	V
LISTE DES TABLEAUX.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
LISTE DES ENCADRES.....	VI
1. EXECUTIVE SUMMARY	VII
2. REMERCIEMENTS.....	VIII
3. INTRODUCTION : STRUCTURE DU RAPPORT	1
4. LA PLACE DE LA DUALITE DANS LA STRATEGIE DES ENTREPRISES	2
4.1. LIEN ENTRE DUALITE ET DIVERSIFICATION PRODUITS/MARCHES.....	3
4.2. MAXIMISATION DU POTENTIEL DE DUALITE ET STRATEGIES HORIZONTALES VS VERTICALES.....	5
4.3. LA DUALITE DANS LES PME : QUELQUES PERSPECTIVES.....	7
5. LES NOUVELLES APPROCHES MANAGERIALES DE LA DUALITE.....	9
5.1. LA DUALITE DANS LE CADRE DE L'INNOVATION COMME PROCESSUS COLLECTIF ET ITERATIF.....	9
5.1.1. <i>Dépasser le modèle linéaire de l'innovation</i>	9
5.1.2. <i>Positionner la dualité dans le modèle d'innovation itératif et collectif</i>	11
5.2. RELATIONS AU SEIN DE L'ECOSYSTEME DEFENSE ET SECURITE ET OPEN INNOVATION.....	19
5.2.1. <i>L'Open innovation comme nouvelle pratique clé des entreprises</i>	19
5.2.2. <i>Positionner la dualité dans le contexte d'open innovation</i>	21
5.2.3. <i>Conditions de réussite de la dualité dans le contexte d'open innovation</i>	22
5.2.4. <i>Les relations entre les entreprises au sein de l'écosystème Défense et Sécurité</i>	25
6. LA DUALITE DANS LES NOUVEAUX BUSINESS MODELS DE L'INDUSTRIE	27
6.1. LES DIMENSIONS DU BUSINESS MODEL.....	27
6.1.1. <i>Cadrage général sur le recours aux business models en analyse stratégique</i>	27
6.1.2. <i>Analyser la dualité en référence aux business models</i>	28
6.2. LES SPECIFICITES DES BUSINESS MODELS SUR LES MARCHES MILITAIRES ET LES MARCHES CIVILS.....	30
6.2.1. <i>Interactions avec les usagers</i>	30
6.2.2. <i>Tout le problème consiste donc aujourd'hui pour l'acheteur « Défense » de prendre en compte le bon besoin militaire à partir d'un processus d'anticipation et de planification des capacités nécessaires. Pour l'instant, ces mécanismes sont gérés en interne aux administrations de la Défense, et en particulier dans un dialogue entre l'agence d'acquisition et / ou de recherche, et les armées. Typologie des coûts</i>	30
6.2.3. <i>Séries longues vs. Séries multi-unitaires</i>	33
6.2.4. <i>Coûts récurrents vs. Coûts non-récurrents ; Cash flow</i>	34
6.2.5. <i>Gestion du temps et de l'incertitude dans les programmes d'armement</i>	39
6.2.6. <i>Découplage entre exigences fonctionnelles et exigences non fonctionnelles</i>	41
6.2.7. <i>Synthèse de la comparaison des business models</i>	43
6.3. GERER LES CONTRAINTES DES BUSINESS MODELS POUR TIRER PARTI DE LA DUALITE.....	44
6.3.1. <i>Coûts, compétences, cadences</i>	44
6.3.2. <i>Qui paie ?</i>	46
7. CONCLUSION SUR LA DUALITE DANS LES STRATEGIES ET LE MANAGEMENT DES ENTREPRISES.....	47
7.1. CE QUE LA DUALITE N'EST PAS.....	47
7.2. CE QU'EST EN REALITE LA DUALITE.....	48
7.3. ELEMENTS CLES SUR LA PLACE DE LA DUALITE DANS LA STRATEGIE DES ENTREPRISES.....	49
7.4. ELEMENTS CLES SUR LA PLACE DE LA DUALITE DANS LE MANAGEMENT DE L'INNOVATION.....	49
7.5. ELEMENTS CLES SUR LA PLACE DE LA DUALITE DANS LES MODELES D'AFFAIRES DES ENTREPRISES.....	50
8. REFERENCES THEORIQUES.....	52
8.1. DUALITE DE PRODUITS VS. DUALITE DE TECHNOLOGIES.....	52
8.1.1. <i>Dualité de technologies</i>	52
8.1.2. <i>Dualité de produits</i>	55
8.1.3. <i>Une notion à analyser en fonction du contexte organisationnel</i>	56
8.2. TYPOLOGIE DES INNOVATIONS (COMPETENCES VS. USAGES).....	57

8.3.	MODELE DE KANO, OUTIL DU MARKETING STRATEGIQUE.....	58
8.4.	LE MODELE DE CONVERSION DE LA CONNAISSANCE DE NONAKA	61
8.5.	LE « SOCIAL LEARNING CYCLE » DE MAX BOISOT.....	62
9.	ACTIVITES DE TERRAIN	66
10.	Liste des acronymes	67
11.	Bibliographie	68

Liste des figures

Figure 2 – Dimensions-clés pour analyser la dualité dans les entreprises.....	2
Figure 4 – Stratégies de développement et/ou de diversification.....	3
Figure 5 – Comparaison des stratégies de développement et/ou de diversification des firmes étudiées.....	5
Figure 6 – Dynamiques de la concentration horizontale vs. verticale.....	6
Figure 7 – La dualité dans un modèle d’innovation itératif.....	18
Figure 8 – cas types prenant en compte la variété possible de dualité.....	19
Figure 10 – Dualité et gestion des droits de propriété intellectuelle.....	23
Figure 12 – Schéma générique de présentation d’un business model.....	28
Figure 13 – Equations stratégiques pour une entreprise : Valeur, capacités et ressources.....	29
Figure 14 – Courbe en « S » décrivant l’adoption de la technologie.....	36
Figure 15 – Cash flow lié au cycle de vie de la technologie civile en fonction du temps.....	37
Figure 16 – Comparaison Civil-Militaire des cash flows liés au cycle de vie de la technologie.....	38
Figure 17 – Niveaux de TRLs selon la NASA.....	53
Figure 18 – Dualité technologique et cycle de développement de la technologie.....	54
Figure 19 – Incremental vs. Major vs. Strategic vs. Radical innovation.....	58
Figure 20 – Modèle de KANO : spécifications techniques et satisfaction client.....	59
Figure 21 – Dynamique temporelle sur les spécifications techniques dans le modèle de KANO.....	60
Figure 22 – Mécanisme de conversion de la connaissance de NONAKA.....	61
Figure 23 – Dynamique de la conversion de connaissance selon NONAKA.....	62
Figure 24 – Articulation et analyse de la connaissance (codification vs. abstrait / concret) par Max BOISOT.....	63
Figure 25 – Analyse de l’articulation de la connaissance par Max BOISOT avec la description des coûts associés aux différents types de connaissance.....	64
Figure 26 – Le « Social Learning Cycle » de Max BOISOT.....	65

Liste des encadrés

Encadré 1 – Différences fonctionnelles entre opérateurs civils et militaires : Illustrations dans l’aéronautique	12
Encadré 2 – Spécificités des compétences et savoir faire en fonction des exigences fonctionnelles et non fonctionnelles liés aux besoins civils militaires et/ ou aux environnements	13
Encadré 3 – Concepts d’usages civils et militaires : l’exemple du GNSS Sécurisé	15
Encadré 4 – Construire des briques technologiques communes pour des solutions technologiques adaptées à différents opérateurs.....	16
Encadré 5 – Solutions technologiques et valeur d’usages : l’exemple de la caméra air sol haute résolution de THALES	16
Encadré 6 – Disponibilité de la technologie et expression des besoins : le cas du projet TOPSTART	17
Encadré 9 – Définition des écosystèmes	19
Encadré 10 – Innovation, dualité et stratégie de « make or buy » : le réseau embarqué adaptatif	24
Encadré 11 – Coût moyen, coût marginal, effet de série, et dualité : l’acquisition des C-135FR	31

1. EXECUTIVE SUMMARY

Pour les entreprises, la dualité consiste à tirer parti de l'exploitation de compétences, de technologies, de produits, de procédés pour satisfaire des besoins exprimés à la fois sur des marchés différents, civils et militaires. Aujourd'hui, la forte croissance des activités sur les marchés commerciaux, d'une part, et la variété de trajectoires technologiques sur les marchés de Défense et de Sécurité, d'autre part, font de la dualité un enjeu clé de la stratégie des entreprises.

Ce rapport analyse la prise en compte du potentiel de dualité dans les entreprises françaises aujourd'hui positionnées sur le marché de l'armement. Il étudie la place de la dualité dans les entreprises en prenant en compte différents niveaux d'analyse : la stratégie, le management des projets d'innovation, les modèles d'affaires (business models).

L'analyse de place de la dualité dans la stratégie des industriels de la Défense repose sur une comparaison les stratégies des entreprises de la Défense à la fois au niveau des industriels « historiques » sur le marché de l'armement et les entreprises nouveaux entrants sur ce marché. Cette approche permet à la fois d'identifier les points communs et les points différents entre les entreprises, en fonction de la nature de leurs activités. Cette analyse permet aussi de mettre en évidence comment la dualité s'inscrit pour les entreprises dans la recherche de renforcement de leur compétitivité et comment elle s'inscrit dans une stratégie qui renforce soit le choix de spécialisation soit de diversification produits-marchés.

Les nouvelles approches managériales de la dualité dans le cadre du management de l'innovation permettent d'analyser quels sont les principes managériaux mis en œuvre par les entreprises et comment celles-ci les traduisent en pratique. La dualité implique à la fois d'inscrire le management de l'innovation dans une approche collective et itérative de l'innovation. Ainsi, tirer parti de la dualité suppose la prise en compte des relations au sein des écosystèmes puisqu'elle s'inscrit dans de nouveaux modes de travail entre les entreprises et les usagers. En interne aux entreprises, la dualité implique d'adapter les processus d'innovation et de développer de nouvelles fonctions transverses pour développer au maximum les synergies entre les technologies et les produits sur différents marchés de la Défense, de la Sécurité et civils commerciaux. Enfin, tirer parti de la dualité suppose aussi pour les entreprises de mettre en place de nouvelles stratégies d'open innovation pour mieux tirer part à la fois de leurs savoirs faire internes et des connaissances qui se développent sur d'autres marchés (jeux vidéos, ...).

L'analyse de la place de la dualité dans les modèles d'affaires des entreprises permet de mettre en perspective comment les entreprises construisent leurs raisonnements sur le business model lorsque le développement de leurs activités s'appuie à la fois sur les marchés commerciaux et les marchés Défense et Sécurité. Il s'agit donc de prendre en compte les relations entre coûts, profits, chiffres d'affaires et la spécificité des raisonnements pour chacune de ces dimensions pour les projets qui doivent être développés sur les marchés commerciaux et Défense et Sécurité.

2. REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier très sincèrement les nombreuses personnes qui ont accepté de nous recevoir pour les entretiens menés dans le cadre de cette étude.

Nous remercions tout particulièrement MM. Philippe VALERY, Didier BRUGERE et Bernard LIBAT qui ont permis de mettre en œuvre cette étude en nous ouvrant les portes des différentes unités de THALES pour réaliser les études de cas approfondies.

Nous leur exprimons toute notre gratitude.

Nous tenons aussi à remercier les représentants de l'OED et de la DGA pour nous avoir accompagnés tout au long de l'élaboration de ce projet à travers le comité de pilotage de cette étude.

3. INTRODUCTION : STRUCTURE DU RAPPORT

La structure générale de ce rapport repose sur deux blocs de sections.

Les sections initiales du rapport présentent le corpus analytique de référence qui refonde l'analyse de la dualité dans le modèle itératif et collectif de l'innovation.

- La section 5 présente une analyse comparative des entreprises de Défense réalisée à la suite des entretiens menés dans la première partie de cette étude. L'analyse permet de mettre en évidence le rôle de l'écosystème et des acteurs clés dans une perspective renouvelée autour des activités de Défense et de Sécurité, et des interactions avec les activités présentes sur les marchés civils.
- La section 6 introduit une analyse des nouvelles approches requises pour traiter de la dualité dans le cadre de l'évolution du paradigme de l'innovation vers un modèle collectif et itératif, sur fond d'open innovation. Cette section permet de souligner l'intérêt d'analyser la dualité dans le management de l'innovation et hors du cadre de management de la technologie déterministe et linéaire.
- La section 7 explicite les questions relatives à l'élaboration d'un business model qui s'appuie sur le potentiel de dualité des programmes et des entreprises, ainsi que des contraintes à traiter pour rendre compatibles les *business models* relatifs à des programmes ou des activités civiles et militaires.

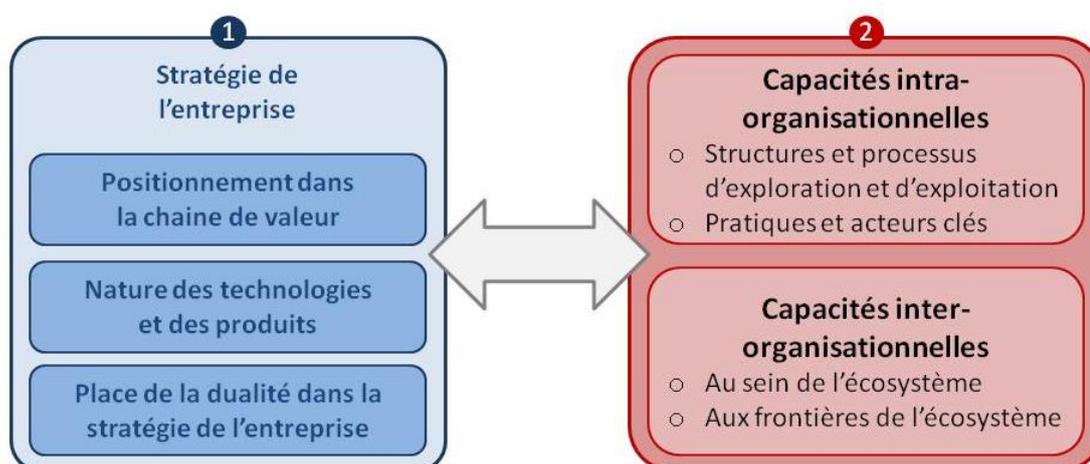
La section 8 présente une conclusion sur ce qu'est la dualité, et ce qu'elle n'est pas, ainsi que des éléments de synthèse sur les aspects décrits dans les sections 5 à 7.

4. LA PLACE DE LA DUALITE DANS LA STRATEGIE DES ENTREPRISES

En cohérence avec les travaux de Cowan & Foray (1995) et Molas Gallart (1997), nous proposons de retenir la définition suivante de la dualité : **une stratégie basée sur la dualité consiste à tirer parti de l'exploitation de compétences, de technologies, de produits, de procédés pour satisfaire des besoins exprimés sur à la fois sur des marchés différents, civils et militaires.** Sur ces différents marchés, les clients peuvent être publics ou privés et leurs préoccupations entrent dans les champs de la Défense, de la Sécurité (civile) ou dans des logiques purement commerciales civiles.

A partir des entretiens réalisés pendant la période de janvier à septembre 2014 dans le cadre de cette étude, cette section présente les principaux points de cadrage situant la place de la dualité dans la stratégie des entreprises. Les éléments de l'analyse stratégique des entreprises ont été étudiés à partir de plusieurs dimensions clés qui ont été reprises dans le diagramme ci-dessous :

Figure 1 – Dimensions-clés pour analyser la dualité dans les entreprises



Dans cette section, nous entrons dans les détails de la colonne de gauche présentée sur le diagramme. Nous mettons en évidence que l'analyse de la dualité au sein des entreprises implique de prendre en compte plusieurs aspects de l'entreprise :

- ses choix stratégiques en termes de marché,
- son positionnement métier et dans la chaîne de valeur, et
- ses choix stratégiques en termes de développement technologique.

Pour les entreprises, la dualité représente le plus souvent un moyen d'accéder à des marchés plus larges. Pour cela, elles doivent mobiliser une base de compétences et des infrastructures adaptées pour répondre aux mieux aux besoins de différents clients civils ou militaires.

Ces marchés impliquent des contraintes différentes liées

- aux missions, qui conduisent à mettre en place des solutions technologiques spécifiques ou à proposer des services adaptés.
- à la perception de la taille du marché et des séries produites, et
- aux réglementations qui reposent sur des logiques et contraintes spécifiques, qui convergent rarement entre marchés civils, sécurité et Défense.

La dualité est donc ainsi abordée en fonction des caractéristiques propres de l'entreprise. Si elle est considérée comme essentielle, elle s'appuie en réalité sur des choix de stratégies et d'organisations différentes pour chaque entreprise.

Plusieurs entreprises ont été rencontrées. Elles peuvent être classées en 4 catégories :

- Les grandes entreprises qui sont positionnées depuis longtemps sur le marché de l’armement ont une position principalement d’intégrateurs de systèmes. Il s’agit des avionneurs AIRBUS et DASSAULT AVIATION ainsi que d’un constructeur de bâtiments navals militaires DCNS.
- Les grandes entreprises positionnées depuis longtemps sur le marché de l’armement qui ont une position principalement d’équipementiers majeurs et/ou de systémiers. Il s’agit principalement de THALES et de SNECMA (SAFRAN).
- Les grandes entreprises qui ont entrées récemment sur le marché d’armement à partir de leurs métiers initiaux dans le service et les systèmes d’information. Il s’agit de SOPRA, de BULL et de CAP GEMINI.
- Enfin, une PME en sous-traitance de spécialité dans l’aéronautique : RAFFAUT.

Les résultats sont présentés de façon synthétique.

4.1. Lien entre dualité et diversification produits/marchés

Il est explicite que les relations au sein de l’écosystème sont bouleversées dans le contexte actuel de tension budgétaire et de mutation technologique. Au terme des entretiens déjà réalisés dans le cadre de cette comparaison des stratégies des grands groupes de la Défense, il est déjà possible d’associer l’analyse stratégique de leur potentiel de développement au cœur de métier et de compétences qui les caractérisent.

La stratégie d’une entreprise repose toujours sur l’analyse d’un potentiel de développement, souvent assimilé de façon abusive à une analyse de la « diversification ». La littérature scientifique propose d’imaginer la façon de répondre à un double développement en termes de clients et de produits. Première option, satisfaire les demandes d’un ancien client avec de nouveaux produits, plus ou moins proches de ce que l’entreprise sait déjà fournir. Deuxième option, satisfaire les demandes d’un nouveau client avec les biens et les services que l’entreprise sait déjà fournir. Troisième option, à partir d’un cœur de métier, comment développer des produits et des services plutôt nouveaux qui répondent à la demande solvable d’un nouveau client. Ces éléments figurent une logique de développement du portefeuille de produits et de clients qui a été déjà présentée dans le rapport intermédiaire #1 rendu au titre de cette étude. En pratique, la terminologie utilisée peut se révéler trompeuse si l’on assimile trop vite diversification et développement, mais dans le principe le mécanisme reste le même et repose sur la mise en évidence de niches adjacentes en termes de produits et de clients.

Figure 2 – Stratégies de développement et/ou de diversification

	Produits Existants	Produits Reliés	Produits Nouveaux
Clients Existants	SPECIALISATION	DECLINAISON du portefeuille d’activités	DIVERSIFICATION basée sur la DEMANDE
Clients Reliés			
Clients Nouveaux	DIVERSIFICATION liée à une extension de l’OFFRE ou à une extension GEOGRAPHIQUE		DIVERSIFICATION

Les interviews réalisés nous permettent de positionner les entreprises en fonction du niveau de spécialisation / diversification tel que cela est représenté sur le schéma infra.

L’analyse permet de mettre en évidence si les enjeux de stratégies et de management de la dualité vont porter principalement sur la prise en compte d’une nouvelle variété de clients et /ou de produits / services.

RAFFAUT comme **SNECMA** sont des entreprises qui se différencient par leur taille mais qui ont en commun d'être spécialisées à la fois sur les produits et les clients et ceci depuis de nombreuses années. Le nombre de clients et de produits qu'elles développent sont limités ; elles connaissent bien les spécificités de leurs clients militaires et civils et savent manager au maximum les synergies et complémentarités potentielles entre les deux.

DASSAULT AVIATION est aussi dans une stratégie de spécialisation sur des produits et des clients puisque l'entreprise adresse deux gammes de produits (avions de combat et avions d'affaires) pour deux types de produits.

SOPRA, en tant qu'entreprise spécialisée dans les services informatiques, détient une proposition basée sur une diversification vers les marchés Défense à partir de prestations existantes dans le civil. La dualité repose donc sur la prise en compte des métiers du militaire à partir de solutions préexistantes déployées sur d'autres marchés.

BULL, en tant que firme spécialisée dans l'informatique et les services informatiques, manifeste une stratégie de diversification vers les marchés Défense à partir de son cœur de métier sur le hardware et le software. Comme pour SOPRA, la dualité repose donc sur la compréhension du métier militaire à partir de solutions existantes déployées sur d'autres marchés, mais BULL se positionne aussi sur des types de fonctionnalités spécifiquement liés au monde militaire opérationnel (front office).

AIRBUS GROUP et **THALES** se situent dans une position où les deux entreprises, bien qu'occupant des rôles différents (avionneur-intégrateur dans un cas, systémier dans l'autre), sont dans une situation où elles cherchent à valoriser leurs compétences et savoir-faire à la fois sur des produits reliés et clients reliés à des milieux (aéronautiques) et des fonctions institutionnelles et régaliennes.

Dans les deux cas, le choix d'une caractérisation unique pour l'ensemble des groupes THALES et AIRBUS introduit une forme de caricature car la taille des deux groupes justifierait en réalité de dissocier l'analyse pour chacune des entités des deux groupes, au minimum au niveau des *strategic business units* et probablement au niveau de chaque *business line*.

Dans les deux groupes AIRBUS et THALES, le nombre de produits et clients est assez nombreux et amène à penser la complémentarité entre le civil et le militaire aux deux niveaux, clients et produits. Cela justifie que la position des deux groupes industriels se situe dans la colonne des « produits reliés », que la logique générale associée à AIRBUS GROUP se concentre sur des « clients reliés » compte tenu de la variété actuelle des clients du groupe et de la réorganisation en cours au sein du groupe, mais que la logique de THALES est déjà installée dans la diversification stratégique de « produits reliés » vers des « nouveaux clients ».

Enfin, **DCNS** se situe dans une configuration où elle est au début d'une « stratégie duale » fondée sur une stratégie de diversification à la fois fondée sur des produits nouveaux et des clients nouveaux mis en place à partir du redéploiement potentiel de compétences à haute valeur ajoutée.

D'un point de vue graphique, ces éléments peuvent donc être figurés de la façon suivante :

Figure 3 – Comparaison des stratégies de développement et/ou de diversification des firmes étudiées

	Produits Existants	Produits Reliés	Produits Nouveaux
Clients Existants			
Clients Reliés	 DECLINAISON du portefeuille d'activités		DIVERSIFICATION basée sur la DEMANDE
Clients Nouveaux	DIVERSIFICATION liée à une extension de l'OFFRE ou à une extension GEOGRAPHIQUE		DIVERSIFICATION 

Il reste évident qu'une entreprise avec un portefeuille d'activités aussi large que THALES ne se prête pas très bien à un tel exercice, car cette largeur ne peut qu'être résumée sous une forme caricaturale avec une seule position pour l'ensemble du groupe sur le même graphique. Pour rendre justice à la fois à la stratégie de dualité globale installée par THALES et de la diversité des activités associées à l'ensemble des global business units (GBU du groupe), il conviendrait de positionner chaque business line sur le graphique et analyser la stratégie de son portefeuille de produits (c'est-à-dire les logiques retenues par chaque *product line manager* pour développer / diversifier son offre en matière de produits et de clients.

Compte tenu de l'homogénéité des produits et clients adressés par DASSAULT AVIATION, la remarque ne s'applique pas dans les mêmes termes à cette entreprise dont les activités sont nettement plus centrées. En revanche, les activités d'AIRBUS GROUP, et plus encore d'AIRBUS DEFENSE & SPACE, mériteraient de descendre à un niveau de granularité plus faible pour rendre compte de l'ensemble de la variété de l'offre de produits et services.

En tout état de cause, la place de la dualité et la manière d'en tirer parti dépendent directement du positionnement et des choix des entreprises concernant la variété des produits (nouveaux ou non) versus la variété des marchés (nouveaux ou non).

4.2. Maximisation du potentiel de dualité et stratégies horizontales vs verticales

Au vu des entretiens réalisés dans le cadre de cette étude, nous parvenons à une première conclusion intermédiaire qui concerne la prise en compte du potentiel de dualité par les grands groupes.

La dynamique de développement en matière de produits ou de clients dépend directement de la position stratégique dans la chaîne de l'intégration, qui se manifeste de façon directe par une position dans la chaîne de valeur et des options de concentration verticale ou horizontale des activités.

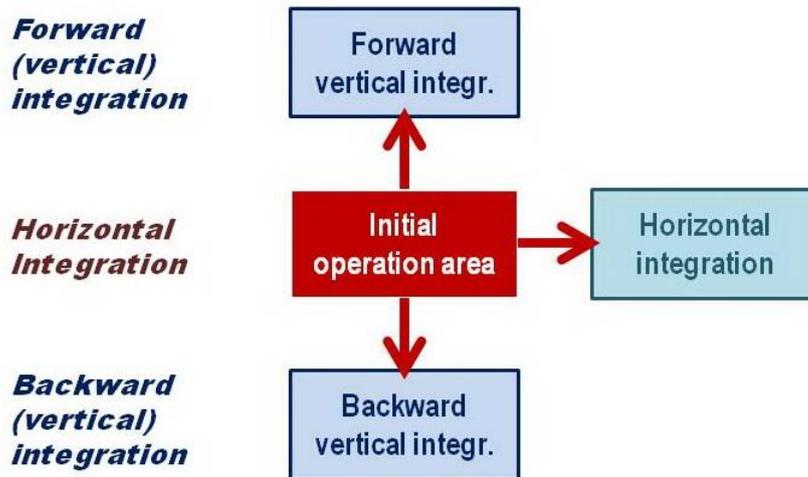
La littérature scientifique a documenté les stratégies de concentration horizontales et verticales :

- La **concentration horizontale** (ou intégration horizontale) consiste à étendre le réseau de l'entreprise par acquisition ou développement des activités au même niveau de la chaîne de valeur que ses produits, en absorbant des activités concurrentes ou complémentaires (ce qui diminue la concurrence), en développant des produits similaires (la déclinaison du portefeuille d'activités vers des anciens clients), ou en commercialisant des produits de substitution (la déclinaison du portefeuille d'activités à partir de produits « reliés »). Dans tous ces cas, l'objectif stratégique repose sur la complétion de la gamme de produits.

- La **concentration verticale** (ou intégration verticale) consiste à absorber des activités qui se situent en amont (les fournisseurs) ou en aval (les clients) de ses propres activités, en visant en premier lieu le contrôle de chaîne de production complète d'un type de produit. Cela permet en particulier de mieux contrôler la relation avec le client final, de maîtriser la sécurité de ses approvisionnements, et de gérer au mieux les marges relatives aux consommations intermédiaires.

Ces éléments sont figurés sur le graphique infra.

Figure 4 – Dynamiques de la concentration horizontale vs. verticale



Notre analyse permet d'introduire une hypothèse autour de la prise en compte du potentiel de dualité : **La recherche de maximisation du potentiel de dualité est maximale pour les groupes industriels qui se situent dans une stratégie de concentration horizontale.** Elle se prête assez mal aux industriels inscrits dans au départ dans une logique verticale car elle suppose de gérer des activités parallèles (avec le risque de travailler en silos) ou d'entrer dans des logiques de diversification où les « adjacences » (entre produits, clients, ou compétences) ne sont ni faciles à identifier, ni faciles à gérer.

Parmi les entreprises étudiées dans ce projet, DASSAULT AVIATION, AIRBUS GROUP, et DCNS se situaient historiquement dans une démarche de concentration verticale avec un rôle d'intégrateur de systèmes totalement revendiqué. La verticalisation des relations dans l'écosystème est très forte. Elle s'inscrit principalement dans une hiérarchie des rôles pour chaque programme développé par l'entreprise. C'est explicitement le cas de DASSAULT AVIATION et de DCNS qui sont en charge de la conception et de la production de systèmes complexes entiers (plateformes aériennes ou navales), avec une relation hiérarchique forte au sein d'un réseau d'intégration qu'elles ont structuré entièrement au fil des années. C'est également le cas d'AIRBUS GROUP dans le cadre de son organisation en « silos » et pour son rôle d'intégrateur avec les avions de la gamme commerciale AIRBUS, mais aussi avec d'autres activités dans le militaire et le spatial. La notion d'intégration verticale suppose aussi que chacun de ces acteurs réalise en interne des actions majeures dans les directions amont (*backward integration*) et aval (*forward integration*). C'est le cas par exemple avec des activités sur les processus outillés ou sur des briques de technologie majeures (vers l'amont) ou lorsque l'intégrateur prend en charge la relation client jusqu'à la vente et le service après-vente (vers l'aval). Toutes choses qui sont assez fréquentes dans l'industrie de l'armement.

Dans les trois cas mentionnés, la logique économique repose sur un cœur de métier structuré sur des programmes et une logique verticale qui repose, au minimum, sur un rôle hiérarchique fort. Ce rôle peut être plus ou moins remis en cause aujourd'hui dans la réalité des programmes et des compétences à travers l'évolution naturelle des technologies ou avec la perte de l'importance relative de l'intégration au niveau de la plateforme. En tant qu'intégrateur, la relation verticale avec l'écosystème reste très forte car le groupe industriel se situe au sommet de la chaîne de valeur en étant présent en même temps sur des technologies critiques pour le programme et dans la relation client.

La stratégie de concentration verticale ne conduit donc qu'à penser l'éventualité de l'intégration (ici au sens strict) de ces briques critiques et, par voie de conséquence, des fournisseurs les plus stratégiques. Cela suppose donc une réflexion sur la pertinence (et la faisabilité) de générer des économies de coûts ou des effets de synergie qui ne seraient pas possibles dans une situation déconcentrée. Les synergies de technologies par exemple ne sont pensées qu'à l'échelle de la variété des programmes que l'entreprise gère. Dans le cadre de la Défense, de telles stratégies existent avec certains mastodontes du complexe militaro-industriel américain, tels Lockheed Martin, qui illustrent parfaitement la course à la taille nécessaire pour assurer la survie à long terme de l'entreprise.

Dans le cadre de la réfaction des budgets de Défense en Europe, et en France en particulier, un tel groupe industriel serait à tout le moins très fragile et la coexistence de « métiers » parallèles, comme c'est le cas chez DASSAULT AVIATION, permet à tout le moins de penser pérenniser les compétences et la stratégie.

Cela ouvre à la réflexion sur le potentiel de dualité, qui repose explicitement sur le développement de plusieurs lignes de produits parallèles et comparables (sinon basées sur des métiers complémentaires). Le potentiel de dualité reste toutefois assez limité, car l'identification de lignes de produits intégrés suppose de travailler sur les détails de la compatibilité entre les business models sous-jacents (cf section 6). On peut imaginer que le modèle de DASSAULT AVIATION, malgré toutes les questions inhérentes à l'avenir du RAFALE, permet d'illustrer cette stratégie de dualité. Dans une même perspective, les évolutions en cours chez DCNS permettent d'illustrer la difficulté à construire et penser cette stratégie à partir de la page blanche.

Par rapport à cette stratégie, un équipementier majeur comme THALES illustre une stratégie basée sur une logique de concentration horizontale : le groupe est bâti sur un ensemble de métiers et de briques de compétences sélectionnées pour leur pertinence à long terme, au profit d'un ensemble de lignes de produits complémentaires. La nature même de la concentration horizontale prédispose donc à travailler dans un contexte de dualité globale.

Les notions mêmes de dualité et de concentration horizontales ne sont ici que les deux facettes d'une même réalité, et d'une même stratégie. Cela se traduit ensuite par une organisation plutôt de nature matricielle qui permet de rapprocher au mieux les métiers les plus proches, et les plus complémentaires. A l'échelle du groupe, cela conduit alors à penser la logique de concentration / diversification de telle façon à ce que les équilibres internes de l'organisation ne soient pas remis en cause en perdant de vue les « adjacences » au niveau des briques de compétences, des portefeuilles de clients et des portefeuilles de produits. La bonne santé du groupe suppose alors une forte variété de produits pour élargir l'assiette de la logique horizontale, tout en conservant sa maîtrise explicite.

La conjonction d'une stratégie de concentration horizontale et la prise en compte du potentiel de dualité rendent cette stratégie très solide et très cohérente en même temps qu'elle laisse augurer de perspectives de développement durables. Cette conjonction rend aussi un tel groupe industriel moins vulnérable aux contractions de l'un ou de l'autre de ses marchés, même si la possibilité de préserver des positions concurrentielles fortes dépend directement de la capacité à préserver dans le temps des actifs stratégiques différenciants (i.e. « *dynamic capabilities* ») dans chacun des domaines du portefeuille « horizontal ».

D'un point de vue stratégique, on ne peut pas rester indifférent au potentiel de dilution des risques relatifs aux clients et aux marchés qui existent à l'échelle d'un portefeuille de compétences aussi large. D'un point de vue organisationnel, il convient aussi de souligner que ce genre de stratégie permet de préserver et de faire fructifier au mieux une base de compétences rares et distinctives en travaillant sur la fongibilité des personnes entre projets. Tout l'enjeu de ce choix stratégique, en particulier au plan de l'organisation matricielle, consiste à sélectionner les briques pertinentes à associer au plan d'extension « horizontal ». C'est en soi un véritable challenge qui suppose une bonne santé financière et des choix précis.

4.3. La dualité dans les PME : quelques perspectives

La même réflexion peut difficilement s'appliquer à une PME car il reste nécessaire de détenir une taille critique minimale pour penser une stratégie de concentration horizontale.

A l'échelle d'une entreprise de petite taille, la nature de la compétence technique détenue conditionne la relation avec le groupe industriel qui « intègre » les produits dans un ensemble plus large. Le fait majeur réside dans cette dépendance. Evidemment, il reste toujours possible de revenir au cas scolaire et simpliste d'une entreprise confrontée à une dualité de produits finis (vendable à deux clients, civils et militaires). Ce cas reste facile à analyser et ne présente pas d'enjeu majeur d'analyse même s'il reste

certainement de nombreux points à traiter pour faire en sorte que ce genre de firme puisse accéder à des commandes publiques civiles et militaires. Mais on travaille ici sur des questions de modalité d'accès à la commande publique et pas de politique de R&D ou de S&T. Une entreprise de taille petite ou moyenne, comme RAFFAUT, qui vend des produits élaborés à partir d'une base de compétence valorisable dans des produits intermédiaires civils ou militaires, maîtrise peu sa stratégie de dualité car elle dépend de la capacité d'un intégrateur à reprendre ses produits à son compte. Les efforts ou les investissements de la PME fournisseur portent alors sur l'interaction avec son intégrateur, car il est nécessaire de bien se comprendre et de se faire confiance à la fois dans la relation qui porte sur les efforts de R&T et sur les activités de production.

5. LES NOUVELLES APPROCHES MANAGERIALES DE LA DUALITE

Si nous avons repris la définition de la dualité des travaux de Cowan & Foray (1995) et Molas Gallart (1997), nous nous distinguons en revanche de ces auteurs, dans la manière d'envisager les modalités concrètes pour tirer parti de ces synergies potentielles entre marchés commerciaux civils, de Sécurité et de Défense. Notre analyse terrain permet de mettre en perspectives des évolutions majeures en termes de pratiques managériales et de gouvernance de l'innovation dès lors que l'on aborde la gestion de la dualité.

Dans cette section, nous allons expliquer en quoi les nouvelles approches de la dualité permettent de dépasser le clivage entre les modèles de « dualité technologique » (proposé par Cowan & Foray, 1995) et de « dualité de produit » (proposé par Molas Gallart, 1997) et qui sont repris dans l'annexe 1 de ce rapport.

Lors des différents entretiens menés avec les entreprises travaillant pour le ministère de la Défense, et en particulier au sein des unités du groupe THALES, plusieurs éléments ont conduit à enrichir la manière d'aborder le management de la dualité en l'insérant dans le cadre plus global du management de l'innovation.

Dans cette section, il s'agit de positionner la dualité dans le modèle non linéaire de l'innovation (4.1.) puis dans le cadre des nouvelles stratégies au sein de l'écosystème et dans le cadre de l'open innovation (4.2).

5.1. La dualité dans le cadre de l'innovation comme processus collectif et itératif

5.1.1. Dépasser le modèle linéaire de l'innovation

Le modèle linéaire de l'innovation permet de conceptualiser une division des tâches et des processus en fonction de la maturation de la technologie (Balconi & al, 2010). Cela permet de définir des rôles et des responsabilités au sein d'une entreprise comme au sein des systèmes nationaux de recherche (par exemple en distinguant les rôles entre recherche publique et recherche conduite par les entreprises) au travers des étapes de recherche fondamentale, de recherche appliquée et du développement technologique. Le modèle linéaire permet de structurer des dispositifs de financement public de la R&D. Il constitue aussi, comme nous l'avons vu dans le premier rapport intermédiaire rendu dans le cadre de cette étude, le modèle de référence pour définir la « dualité technologique » proposée par Cowan & Foray (1995).

Ce modèle linéaire du développement de la technologie et de l'innovation a été toutefois critiqué de façon assez forte, aussi bien par les chercheurs que par les praticiens (Balconi & al, 2010). L'importance des feedbacks et de l'interaction entre les acteurs sont minimisés dans le processus au profit d'une division du travail et de séquences qui sont parfois artificielles par rapport à la manière dont les acteurs travaillent et échangent pour définir les solutions technologiques. Ce modèle linéaire renforce aussi l'idée que la seule source d'innovation serait la science (Balconi & al, 2010).

Sans exclure le modèle linéaire, il faut l'enrichir par une autre perspective.

L'innovation est un processus collectif reposant sur des **boucles courtes et itératives** entre différents acteurs. Elle implique donc des acteurs variés en intra et inter-organisationnels qui vont se trouver en interaction étroite tout au long du processus d'innovation. Elle implique aussi de faire des allers retours entre des phases très amont de la recherche et des phases plus aval d'expérimentation. Gibbons & al (2005) mettent en évidence à quel point, dans le contexte de l'économie fondée sur les connaissances, l'innovation repose sur une **combinaison de connaissances** provenant de spécialités différentes qui peuvent même dépasser les frontières des écosystèmes des entreprises. La **multidisciplinarité** devient donc centrale pour l'innovation et s'appuie sur des sources variées : l'innovation peut provenir d'une idée où d'une combinaison de compétences issues du monde scientifique, des fournisseurs ou encore des utilisateurs finaux de la technologie. La multidisciplinarité concerne à la fois la diversité des champs de connaissances scientifiques et technologiques mobilisées pour promouvoir une nouvelle solution mais aussi la diversité des connaissances et des savoirs pratiques associés à la compréhension des marchés et de la manière de faire. La multidisciplinarité consiste donc à s'appuyer sur des connaissances connexes, proches les unes des autres ou au contraire très éloignées les unes des autres. Leur combinaison sera la source de l'innovation.

Les usagers, en particulier, jouent un rôle central dans la dynamique de l'innovation. Partir de problèmes d'usagers et de l'anticipation de leur besoin constitue l'une des sources majeures de l'innovation dans un contexte général où la distribution des connaissances entre les acteurs économiques et la spécificité des environnements d'usages de la technologie s'accroissent. Cette variété offre des opportunités nouvelles de nouvelles combinaisons possibles de connaissances pour construire des solutions technologiques.

La manière de définir une fonction ou un usage nouveau reste essentielle pour permettre l'émergence de nouvelles solutions technologiques. Ce processus est particulièrement important pour les technologies dites « flexibles » (Nahusi & al 2009 ; Akrich, 2006) c'est-à-dire des technologies pour lesquelles il existe peu de limitation dans l'adaptation à un contexte d'application. Dans ces cas de figure, les processus récursifs et itératifs composés de nombreux feedbacks sont fréquents entre l'utilisateur, les entreprises ou même la recherche publique, tout cela dans le but d'inventer de nouvelles solutions. Von Hippel (1986 ; 2005) a montré que le client peut être non seulement une source d'information sur l'usage mais aussi une source d'idées et de solutions sur les fonctionnalités de la technologie. En particulier, certains types d'usagers tournés vers la nouveauté et qui ont un comportement créatif sont une source clé d'innovation. Leurs expériences et leurs connaissances reliées à un milieu spécifique d'application sont difficilement transférables (« sticky »). La collaboration entre l'utilisateur et les fournisseurs de technologies permet de réduire les coûts de coordination et d'apprentissage (Von Hippel, 1994). Le marché militaire connaît aussi ce type d'évolution (Mérindol, 2009 ; 2014). Le modèle itératif et récursif de l'innovation implique plusieurs acteurs dans le réseau d'intégration de systèmes complexes : donneurs d'ordre public (DGA, armées, avec les usagers innovants des armées en particulier), les donneurs d'ordres privées (intégrateurs et plate-formistes), les grands équipementiers et les sous-traitants de spécialité.

Dans le contexte de l'économie fondée sur les connaissances, l'innovation part donc initialement d'un problème concret nouveau et repose sur la **définition d'une valeur d'usage** autour d'une fonction critique pour un client. La recherche de solutions va impliquer la combinaison d'un périmètre plus ou moins large de champs de connaissances pour proposer la meilleure solution. L'innovation devient un **processus collectif, itératif et récursif** où la qualité des interactions entre les acteurs de l'écosystème (client, entreprises, fournisseurs, recherche) devient centrale pour créer une véritable dynamique. Il est indispensable de mettre en place des boucles courtes et de nombreux feedbacks entre les acteurs qui porteront sur la définition d'un besoin fonctionnel particulier, et de faire des allers retours fréquents entre les technologies disponibles, les solutions technologiques pertinentes et l'expérimentation des solutions potentielles. Ceci implique un mode de travail fondé sur la confiance où les échanges d'informations et la co-construction de connaissances entre les principaux acteurs deviennent le moteur du processus de R&D ou d'innovation. Les nombreux feedbacks supposent que les acteurs soient capables d'un certain niveau d'abstraction (les concepts qui vont décrire les fonctions discriminante et la valeur d'usage pour une activité fonctionnelle précise) pour ensuite revenir à des spécifications et des solutions technologiques très concrètes.

Cette dynamique itérative entre industriels et client Défense est progressivement prise en compte par les acteurs selon deux options alternatives :

- ✓ la prise de conscience des grands acteurs industriels (comme par exemple THALES) même si la mise en œuvre est parfois difficile dans la relation concrète avec le client (cf études de cas) ;
- ✓ l'émergence de nouveaux entrants sur le marché de l'armement qui se singularisent parce qu'ils implémentent des méthodes dites « agiles » (BULL) ou introduisent des « Idea lab » (SOPRA).

En synthèse, les conséquences de ces approches sont multiples.

L'innovation fondée sur une approche collective, itérative et récursive requiert de prendre en compte en particulier trois dimensions :

- **La capacité des acteurs, et notamment du client ou usager final, à poser les problèmes nouveaux sous formes de concepts abstraits pour identifier les fonctions qui ont une valeur d'usage critique.** Les entreprises doivent être en capacité d'apporter une solution astucieuse pour répondre aux exigences fonctionnelles, aux contraintes de coûts et d'intégrer la variété des technologies disponibles dans le raisonnement.
- **La capacité à travailler collectivement pour construire une boucle récursive entre concepts, usages, solutions technologiques et contraintes du modèle économique.** Cela suppose de mettre en place un certain niveau de partage d'informations et de connaissances au sein d'un collectif, et donc des relations de confiance, partage et relations qui dépassent les simples interactions commerciales.

Sur le marché de l'armement, il s'agit donc non seulement du client final et de l'intégrateur, mais aussi de tous les industriels de la chaîne de sous-traitance qui sont actifs sur les technologies critiques qui introduisent un facteur différenciant pour les usages fonctionnels. Cela concerne donc en particulier les industriels présents au niveau des sous-systèmes majeurs.

- **La capacité à promouvoir et identifier de nouveaux profils clés pour innover : les usagers innovants qui ont un comportement créatif et ouvert à la nouveauté** (Lettl (2007) ; Von Hippel (2005) ; Mérindol (2009 ; 2014) **mais aussi des compétences nouvelles au sein des entreprises.** On parle souvent de *gatekeeper* et de *boundary spanner* pour identifier des acteurs qui savent comprendre les environnements clients, la variété des technologies et réseaux et réarticuler l'ensemble autour de solutions technologiques qui ont de la valeur (Brentani & al, 2004).

5.1.2. Positionner la dualité dans le modèle d'innovation itératif et collectif

Le modèle non linéaire de l'innovation a une incidence majeure sur la manière de tirer parti de la dualité : tout d'abord parce que cela conduit à ne pas partir nécessairement de la technologie, et notamment de la R&T, pour poser le challenge de la dualité.

Les synergies entre le militaire et les autres marchés potentiels peuvent survenir dans les phases de définition des concepts d'usages.

Cela permet de développer une approche de la dualité à plusieurs niveaux, plus cohérente avec le modèle itératif de l'innovation.

Le modèle non linéaire part des problèmes posés par les clients et de la valeur de l'usage attendue pour le client final. Pour aborder la dualité, un premier niveau de raisonnement suppose donc de s'interroger sur la nature des concepts et des fonctions critiques pour chacun des opérateurs civils et militaires qui interviennent dans les champs de la Sécurité (civil et militaire) ou des applications commerciales, et de rechercher le niveau possible de synergies entre ces concepts et fonctions.

Ici suite aux différentes investigations menées dans le cadre de cette étude, nous proposons de définir les opérateurs clients qui interviennent dans le champ de la Sécurité selon une double grille : en fonction des opérateurs civils et militaires et des milieux dans lesquels ils exercent principalement leurs missions.

- **Les milieux** sont définis selon la typologie suivante : aéronautique, spatial, terrestre, maritime de surface, maritime sous-marin, cyber. Ces cinq milieux sont dimensionnant pour les conditions d'exercice des missions et pour les exigences requises sur les solutions technologiques à mettre en œuvre. La résistance au blast prendra des formes différentes selon le milieu (aérien, terrestre ou naval). Autre exemple, dans le domaine aérien, la conjonction de la vitesse, de la cinématique d'évolution des avions et des conditions d'exigüité qui existent à bord des avions d'armes rendent les questions liées aux problèmes de température ou de robustesse aux contraintes de pression et d'accélération particulièrement critiques. Cela conduit à travailler sur des propriétés spécifiques physiques qui requièrent des activités de R&T originales pour les matériaux et les composants durcis, propriétés que l'on ne retrouvera pas forcément dans d'autres milieux. Dans le milieu sous-marin par exemple, on retrouvera alors des propriétés de robustesse à la pression spécifiques, parce que la durée de ces phénomènes est plus grande et qu'elles ne vont pas de pair avec des contraintes d'accélération. On n'a jamais vu un SNLE prendre 8G négatifs dans les conditions d'un avion de combat pendant une manœuvre, ou un avion de combat supporter la pression que doit subir une double coque en titane à la profondeur de veille d'un SNLE.
- **Les opérateurs civils et militaires** vont répondre à des missions distinctes et donc à des concepts d'emploi et d'action de nature différente. Les opérateurs militaires sont bien identifiés. Pour la France, il s'agit de la DGA et des armées. Pour les institutionnels civils liés à la Sécurité, la liste est bien plus longue et elle n'est pas stable. On y retrouve le ministère de l'Intérieur et le ministère en charge des Transports (par exemple la DGAC) ou encore des opérateurs privés comme la SNCF ou la RATP. Dans le domaine civil, les applications portent aussi sur des infrastructures critiques (par exemple en matière de télécommunication ou d'énergie) ou sur des activités associées aux zones à foule (par exemple les stades) qui mobilisent des acteurs très divers. Les missions militaires sont généralement caractérisées par leur très grande variété et aussi par leurs conditions plus extrêmes d'exercice (emploi des armes, présence d'adversaires et environnement hostile...) alors que les opérateurs civils vont gérer des missions moins variées, davantage codifiées, où la sécurité et la sûreté (« safety ») seront primordiales. C'est le cas par exemple pour le transport de passager par avion ou encore par train ou métro. Dans les missions civiles, tout l'environnement concourt à la

réussite de la mission alors que pour, les missions militaires, les opérations évoluent dans un contexte adversarial ; ainsi une partie de l'environnement direct des militaires est hostile rendant plus difficile la réussite de la mission (EMA 2010). Ces caractéristiques sont vraies quels que soient les milieux air, terre ou mer. L'exception à cette situation concerne le seul domaine de la cyber-sécurité où les attaques dans les échanges informatiques (données et réseaux) concernent autant les opérateurs civils et militaires, et prennent très souvent les mêmes formes.

Une telle segmentation permet de mettre en perspective les différences de fonctions par opérateur et par milieu. L'encadré 1 souligne ainsi l'existence de spécificités propres aux opérateurs civils et militaires dans le cas de l'aéronautique.

**Encadré 1 – Différences fonctionnelles entre opérateurs civils et militaires :
Illustrations dans l'aéronautique**

Les hélicoptères et les avions de transports sont souvent considérés comme des plateformes duales. Pourtant les plateformes et les systèmes associés ont des caractéristiques bien différentes entre monde civils et militaires car, d'une part, ils ne répondent pas aux mêmes missions et, d'autre part, parce que les obligations de certification sont différentes sur les marchés militaires et civils. Par exemple, une plateforme militaire doit embarquer des systèmes complexes liés aux armements.

Autres illustrations, l'obligation de voler en tout temps en environnement non-coopératif est une exigence militaire et non civile ce qui introduit par exemple des besoins spécifiques sur la vision nocturne : le cockpit militaire ne doit pas être trop lumineux pour pouvoir utiliser les technologies de vision nocturne.

D'une manière générale les fonctions dans l'aéronautique civile sont tirées par les exigences de sécurité des vols alors que dans le domaine militaire elles sont tirées par la réussite de la mission en milieu hostile. Ces différences fonctionnelles vont introduire des spécificités dans les solutions technologiques mis en place : par exemple le milieu militaire accepte des configurations informatiques moins sûres, plus flexibles et résilientes, pour réussir la mission alors que l'on va refuser ces solutions dans le civil.

Sources : différents entretiens au sein de THALES et AIRBUS GROUP

La prise en compte de ces deux dimensions va aussi permettre de préciser les similitudes aux deux niveaux des exigences fonctionnelles et non fonctionnelles.

Les exigences fonctionnelles sont relatives aux exigences de la mission des opérateurs.

Les exigences non fonctionnelles sont relatives aux contraintes techniques sous-jacentes.

Ainsi dans l'aéronautique, les solutions envisagées doivent intégrer des contraintes de maintenabilité, de sécurité, de fiabilité, d'intégrité et de disponibilité des données. Ces exigences non fonctionnelles sont essentielles dans les solutions proposées par les entreprises ; elles structurent aussi un savoir faire rare et spécifique à leur métier. Elles existent à l'identique dans tous les milieux, aéronautique et maritime en particulier. Par exemple, pour DCNS, la construction de sous marins implique des savoirs faire spécifiques relatifs par exemple à la résistance des matériaux à la corrosion et à la pression.

En réalité, les exigences non fonctionnelles sont souvent peu visibles et donc mal appréhendées à l'extérieur de l'entreprise.

Elles sont pourtant essentielles car elles constituent la capacité à développer et / ou adapter une technologie pour répondre aux mieux aux besoins d'un client dans son milieu, et expliquent une grande partie de la logique de coûts (conception et production).

La dualité porte donc aussi sur les méthodologies de conception (modélisation par exemple) ou de production, et sur leur adaptation d'un milieu à un autre.

Ce travail dépend bien évidemment de l'analyse du milieu et des exigences fonctionnelles (donc du travail de formalisation avec l'utilisateur ou le client), mais aussi de tous les aspects relatifs à la production : analyse des tâches, analyse et suivi de la qualité, suivi des tâches pour la certification (matérielle ou logicielle), etc. De nombreux champs de recherche sont encore à ouvrir. Ces éléments sont associés à des

éléments de coûts très significatifs si l'on tient compte en particulier du besoin de prise en compte de toutes les contraintes de certification logicielle et la dynamique issue de la recherche de Safety (sûreté) qui implique un suivi très précis des processus.

Encadré 2 – Spécificités des compétences et savoir faire en fonction des exigences fonctionnelles et non fonctionnelles liés aux besoins civils militaires et/ ou aux environnements

Les compétences de bases ont parfois un fort niveau de « communalité » des savoirs faire entre le civil et militaire parce que les exigences non fonctionnelles du milieu sont les mêmes. Cette « communalité » ne doit cependant pas faire oublier des compétences spécifiques, parfois rares, requises plus particulièrement pour répondre aux exigences fonctionnelles et non fonctionnelles d'un client par rapport à un autre. Quelques illustrations sont données ici.

Des bases de compétences communes pour les projets civils et militaires...

Une première illustration peut être donnée à partir des cockpits pour des avions de transports civils et militaires. Dans un cockpit civil, il y a 4 ou 5 ou 6 écrans. Ces écrans doivent pouvoir à tout moment être reconfigurés quand une des visualisations tombe en panne. C'est une première contrainte : il faut toujours pouvoir présenter des affichages qui sont critiques et les informations clés doivent être en permanence présentées au pilote. Il faut aussi pouvoir prévenir différentes situations. Par exemple, si une panne d'un écran intervient avant de décoller, il faut que le pilote de l'avion civil puisse décoller tout de même sachant que le pilote peut en cours de vol avoir le risque d'une deuxième visu en panne. Il faut donc disposer, dans l'avion, d'un ensemble de reconfigurations qui permettent de présenter les formats critiques d'informations au pilote en toute situation, et ceci de façon automatique.

L'A400M est un avion qui dispose de 8 écrans. Les cas de reconfigurations automatiques sont au nombre de 40 000. C'est donc compliqué à élaborer et cela suppose un savoir faire spécifique dans le domaine « non fonctionnel », savoir-faire qui repose sur des briques de compétences communes aux projets civils et militaires et sur des outils et des processus de conception communs. THALES a développé un outil en interne avec des règles formelles pour élaborer tous les cas de reconfiguration. THALES a déposé des brevets sur cet outil baptisé Cockpit Designer. C'est un outil rare sur le marché.

Ces exigences non fonctionnelles de reconfiguration existent aussi sur un avion de combat. Elles imposent de détenir des savoirs faire et de mettre en œuvre des outils spécifiques qui sont tous redéployables pour les opérateurs civils et militaires. Ces compétences sont très dépendantes des contraintes du milieu aéronautique. Elles représentent des compétences clés pour proposer des solutions avioniques.

Une autre illustration d'exigence non fonctionnelle concerne la performance.

Dans un cockpit, le calculateur a un processeur puissant avec beaucoup de mémoire. La logique est similaire dans le civil et dans le militaire mais les exigences de performances du calculateur seront différentes. Pour l'aéronautique civile, les exigences de l'avionneur AIRBUS vont porter sur un calculateur qui utilise 50 % de ses capacités, afin de faire évoluer les avions sur 30 à 40 ans ou pouvoir enregistrer des pics de charges. C'est une contrainte non fonctionnelle qui se situe au niveau des performances. Le militaire requerra en revanche une exigence non fonctionnelle différente au niveau des performances, qui visera à permettre d'assurer la disponibilité de la mission avant tout autre chose, quelles que soient les charges liées aux applications. L'avionique doit toujours être opérationnelle et si les capacités mémoires du calculateur sont fortement sollicitées, rien ne doit devenir un problème qui vient en travers de la réussite de la mission. Entre les logiques d'AIRBUS et d'un intégrateur qui travaille sur un avion de combat, les exigences non fonctionnelles seront différentes. En réalité, elles vont quand même reposer sur des compétences identiques.

... mais qui ne doivent pas gommer toutes spécificités des savoirs...

Tout d'abord l'ingénierie système qui conduit à faire le trade-off entre les exigences fonctionnelles et non fonctionnelles suppose que les ingénieurs maîtrisent des connaissances liées aux spécificités des milieux et missions des clients. Ces connaissances sont donc spécifiques à chaque milieu et type de clients.

Ensuite, si la base de compétences techniques nécessaire pour répondre aux exigences non fonctionnelles est souvent relativement proche entre les projets civils et militaires, dans certains cas elles impliquent de fortes spécificités : Ainsi les solutions technologiques pour l'aéronautique militaire supposent des exigences non fonctionnelles liées à la compacité des technologies. Ainsi le pilote militaire doit pouvoir assurer des missions de longue durée et donc assurer l'ensemble de ces besoins (manger, ...) dans des environnements plus contingentés puisqu'il y a l'emport d'armement. Ces exigences de compacité que l'on ne retrouve pas pour les opérateurs civils.

Il existe parfois des compétences techniques très pointues qui ne sont utiles et justifiées qu'en raison de la mission comme par exemple des compétences mathématiques pour établir des algorithmes balistiques pour que le tir d'un obus soit précis.

Ces savoirs faire sont parfois maîtrisés souvent par un nombre d'individus limités et elles sont clé dans le développement des projets.

Enfin des différences peuvent exister dans les compétences et modes de travail en termes de production des produits civils et militaires. Par exemple les productions militaires dans le domaine avionique se font sur de petite série avec un savoir faire très exigeant en raison des performances exigées par le client. Les sites de production sont peu automatisées et proches de la R&T car les interactions sont nécessaires. Dans le domaine civil, la production se fait sur de grandes séries avec des méthodes automatisées et la proximité avec les centres de R&T est moins prégnante.

Sources : entretiens réalisés auprès des équipes de THALES AVIONICS

A ce stade, dans le modèle itératif et récursif de l'innovation, on peut définir trois étapes clés pour la dualité :

- 1) **La satisfaction des besoins fonctionnels du client est en général définie comme spécifique donc non duale.** L'idée est de réduire la partie spécifique par une réflexion sur les concepts clés d'usages qui pourraient avoir des dimensions communes, et ceci très en amont de la définition de solutions technologiques. Fréquemment, la phase de définition des concepts d'usages suppose des échanges entre les usagers (donneurs d'ordres publics et privés) avec les entreprises fournisseurs pour identifier la faisabilité technologique ou les opportunités technologiques. Ces échanges peuvent faire émerger un nouveau concept d'usage. Les spécificités des fonctions et des milieux existeront toujours mais elles peuvent être réduites par une démarche systématique d'abstraction en partant de concepts communs entre des opérateurs civils et militaires intervenant notamment dans un même milieu (par exemple l'aéronautique). Ainsi les échanges sur les concepts d'usages pourraient non seulement se faire de manière verticale (usagers finaux, donneurs d'ordres, équipementiers) mais aussi parfois entre opérateurs civils et militaires.

Les questions fondamentales à ce stade portent sur ces deux aspects

- a. *Quels sont les concepts différenciants des opérateurs civils et militaires en fonction de leurs missions principales et de leurs milieux ?*
- b. *Quels sont les concepts d'usages communs des opérateurs civils et militaires en fonction de leurs missions principales et de leurs milieux ?*

Aujourd'hui, les entretiens réalisés conduisent à mettre en évidence que les concepts d'usages peuvent être en partie communs aux opérateurs civils et militaires même si la reconnaissance de ce concept et de sa valeur d'usage se fait de manière décalée et selon des timings différents (Verbatim 3). Le cas du GNSS sécurisé présenté dans l'encadré 3 permet d'illustrer ce point. Ce projet met en perspective à la fois comment la dualité dans un modèle d'innovation itératif peut partir de concepts d'usages d'un opérateur militaire, puis conduire à des allers retours entre des opérateurs civils et militaires. Dans ce cas précis, les concepts ont été d'abord portés par les militaires, puis réappropriés par les opérateurs civils, puis à nouveau par les militaires. Cela s'est fait selon des phases séquencées dans le temps et sans interaction directe entre usagers. Toutefois, des phases plus amont de réflexions communes entre opérateurs civils et militaires pourraient aussi être envisagées sur certains sujets permettant d'anticiper les points communs très en amont.

Encadré 3 – Concepts d’usages civils et militaires : l’exemple du GNSS Sécurisé

Plus de 10 % des économies US et européenne dépendent des technologies du GPS. Les puces GPS sont présentes partout. Un défaut même momentané du signal peut entraîner des pertes financières et des désordres majeurs. Le signal GNSS est faible et très sensible aux perturbations, interférence et brouillage (ceux-ci sont pour certains d’entre eux vendus sur internet à des prix faibles). Sécuriser ce signal devient donc essentiel. Cela est en particulier le cas pour les aéroports (phases de décollage et d’atterrissage) mais aussi transports maritimes de produits sensibles (exemple déchets nucléaires) ou encore les missions de police.

On ne peut pas apporter les mêmes capacités de brouillage aux opérateurs de la sécurité civile et aux militaires parce que ces derniers veulent conserver une avance pour la sécurité militaire. Il a fallu développer une solution spécifique mais celle-ci est partie d’initiatives et de concepts testés au sein de l’Armée de terre. Le GNSS sécurisé a été initié à partir d’échanges et d’interactions entre THALES et des militaires de l’Armée de terre pour protéger des unités militaires au sol pendant des opérations militaires. Mais la solution est apparue sous optimale par rapport aux exigences d’une opération militaire. Dans le cadre de sa stratégie multi-applications, Thales a cherché à redéployer la solution technologique. La solution a été proposée et adaptée pour répondre à des besoins civils comme les aéroports. Des tentatives ont aussi été initiées pour le transport terrestre mais les exigences de sécurité appliquées au train sont telles que les exigences non fonctionnelles du GNSS n’étaient pas adaptées. Enfin, récemment, le GNSS sécurisé suscite à nouveau un intérêt pour un client militaire européen mais cette fois pour sécuriser les bases militaires construites dans le cadre d’OPEX.

Sources : échanges lors des Innovation Days de THALES – mars 2014

La définition des concepts d’usages est d’autant plus importante qu’en période de fortes contraintes budgétaires, la réflexion doit porter sur les fonctions les plus discriminantes recherchées pour réaliser les missions (Verbatim 2). Dans ce type d’approche, on ne recherche pas nécessairement la solution maximaliste d’un point de vue technologique mais celle qui apportera la plus grande satisfaction dans des contraintes de coûts plus fortes. Cette approche assez nouvelle pour le marché d’armement introduit des similitudes avec la manière de poser les problèmes de conception dans le cadre de « l’innovation frugale » (Ahuja, 2013) où l’enjeu est d’être innovant avec moins et donc d’être astucieux à la fois dans la manière de poser le problème et de proposer la solution. L’idée générale de cette approche est que la contrainte sur les ressources (financières notamment) peut aussi engendrer de l’innovation parce qu’elle va forcer les acteurs à poser les problèmes et leurs solutions de manières différentes.

- 2) **Une fois les concepts d’usages définis, il s’agit de rechercher des solutions technologiques qui adressent aux mieux les exigences fonctionnelles des différents opérateurs. Cet aspect représente la clé de tout le processus de dualité.** Cela permet de définir le plus en amont possible du processus d’innovation les briques technologiques qui peuvent être communes à différents opérateurs civils et militaires et/ou aux environnements (Verbatim 1), sous la responsabilité commune de l’industriel qui doit en rechercher les voies et moyens, et de ses clients majeurs qui doivent agir pour éviter de bloquer ce processus.

Il s’agit donc de sortir du processus où un client majeur recherche la meilleure adéquation entre les différentes exigences fonctionnelles qu’il introduit, son budget disponible (ou ses exigences de coûts), avec le design de son produit et le processus de production pour, ensuite, éventuellement, rechercher d’autres clients qui pourraient accepter de reprendre à leur compte la même logique. Il s’agit d’entrer dans un processus où le produit permet, dès le départ, de trouver une place sur un marché avec DES clients potentiels. Pour le dire autrement, pour un système complexe, il s’agit de faire se rencontrer une approche *techno push* fondée sur les TRLs avec une approche *market push* à partir de l’apport de chaque acteur du réseau d’intégration de systèmes : donneurs d’ordre public (DGA et armées), intégrateurs et plate-formistes, équipementiers et fournisseurs de spécialités. A ce stade les questions fondamentales sont donc :

- a. *Quelles sont les exigences fonctionnelles et non fonctionnelles communes et différentes entre opérateurs ?*
- b. *Quelles peuvent être les briques technologiques communes qui peuvent y répondre aux mieux ?*

- c. *Quelle est la cohérence entre les considérations fonctions remplies vs. coûts de la solution et la valeur de l'usage attendue ?*

L'encadré 4 illustre ce point au travers du projet radar naval multi mission. Ce radar financé sur PEA de la DGA permet de définir des briques technologiques communes entre des radars embarqués sur des plateformes militaires navales et terrestres.

Encadré 4 – Construire des briques technologiques communes pour des solutions technologiques adaptées à différents opérateurs

Le radar naval multi-mission à 4 panneaux fixes permet d'améliorer la veille et le traitement des nouvelles menaces dans des environnements complexes. Ce radar a été conçu par THALES sur financement d'un PEA de la DGA. La logique de conception de ce radar se fonde sur la modularité et la recherche de construction de briques communes entre des opérateurs intervenant dans des milieux différents.

Le constat initial est qu'il est possible de construire des briques communes pour des radars embarqués sur des plateformes terrestres et navales militaires. **Il s'agit ici de travailler sur une logique de transversalité horizontale entre plateformes militaires.** Construire des blocs technologiques repositionnables d'une plateforme à l'autre permet de réduire les coûts par rapport aux séries produites. Si l'on va plus loin, on peut même imaginer qu'une dalle active à faible puissance (low power) et faible coût (low cost) soit pertinente pour répondre aux besoins de type MTO.

Ces blocs technologiques sont peu redéployables pour des fonctions de sécurité civile maritime dans la mesure où les besoins de gros radars civils ne sont pas nécessaires dans ce type d'environnement.

Si ce projet n'a pas d'application civile / militaire, il illustre la recherche de synergies entre milieux sur la base d'une préoccupation commune DGA et THALES ; ce cas illustre aussi la manière de la concrétiser au travers un PEA.

Sources : échanges au cours des Innovations Days de THALES – mars 2014

Parfois les briques technologiques ne peuvent pas adresser à la fois un besoin civil et un besoin militaire parce les coûts associés à son développement sont sans relation avec la valeur de l'usage envisagé. C'est le cas par exemple pour le radar naval multi-missions (encadré 4) ainsi que le radar caméra air sol (encadré 5). Ce dernier représente un usage vraiment différenciant pour l'opérateur militaire alors que pour les missions civiles de police et de douane, la solution technologique ne pourrait pas être assez différenciante pour justifier les coûts du projet.

Encadré 5 – Solutions technologiques et valeur d'usages : l'exemple de la caméra air sol haute résolution de THALES

Une autre illustration peut être donnée à partir du radar camera air-sol conçue par THALES. Il s'agit d'une caméra haute résolution qui combine images et vidéos SAR/GMTI. Cette caméra a vocation à être embarquée sur des plateformes aéronautiques comme des patrouilleurs, des hélicoptères ou encore des avions de combat.

Cette technologie est aujourd'hui à un niveau de maturité technologique TRL 4, et elle est testée maintenant sur Mirage 2000. L'élément différenciateur de la technologie est de pouvoir disposer d'un radar qui propose à la fois une qualité d'image de ce qui est inerte et en mouvement dans une situation de grands flux.

Cette solution pourrait être envisagée pour des applications de sécurité civile, comme les missions de police ou encore de douanes mais les besoins restent tout de même limités pour une technologie qui reste relativement chère au regard des moyens de la police.

Sources : échanges dans le cadre des Innovations Days de THALES – mars 2014

- 3) **Cette réflexion sur les concepts et les solutions et briques technologiques va ainsi conduire à réfléchir aux technologies requises pour réaliser les programmes, et en particulier les programmes complexes. Il s'agit en particulier de s'interroger sur la maturité de ces technologies et sur leur disponibilité.**

- a. *Les technologies existent-elles déjà ? au sein de l'écosystème Défense et Sécurité ? en dehors de cet écosystème ? Comment y accéder ?*
- b. *Comment rendre mature la technologie en fonction des contraintes de milieux ?*

Les changements dans la manière d'aborder la dualité sont alors majeurs. Tout d'abord dans cette approche, toute technologie est potentiellement duale dès lors que les acteurs réfléchissent sans a priori aux différentes solutions technologiques possibles pour répondre à une fonction donnée (Verbatim 2). La question est plutôt la disponibilité de la technologie en fonction du timing du besoin exprimé. Il s'agit de savoir quelles sont les modalités de financement (public (civil ou militaire) ou privé) qui soutiennent son développement. Le financement et la disponibilité de la technologie se feront en fonction de l'expression du premier besoin (Verbatim 4). Le projet TOPSTART illustre ce point (encadré 7). Ce projet met ainsi en évidence que la dualité est l'affaire de l'expression du besoin et du bon timing de cette expression du besoin. Une technologie ne devient duale que lorsqu'elle correspond à un moment précis à des préoccupations à la fois d'opérateurs civils et militaires. TOPSTART correspond aujourd'hui à une expression de besoin civil et non militaire. Il est donc aujourd'hui non dual. En revanche la solution technologique pourrait être potentiellement redéployée sur aéronaves militaires. Si l'expression du besoin militaire émerge sur ce sujet, alors la solution technologique deviendra duale.

Tirer parti du potentiel de synergies multi-milieux et multi-opérateurs civils et militaires dans un modèle itératif et récursif de l'innovation introduit une évolution fondamentale des pratiques au sein des écosystèmes qui constituent autant de changements culturels. Cette nouvelle approche de la dualité suppose des échanges denses entre les acteurs tout au long du processus d'innovation fondé sur des relations de confiance. Cela suppose aussi d'anticiper très en amont les besoins des opérateurs civils et militaires. Or dans un contexte de fortes contraintes et incertitudes budgétaires, anticiper les concepts clés au cœur des besoins futurs des Armées est difficile.

Encadré 6 – Disponibilité de la technologie et expression des besoins : le cas du projet TOPSTART

Le démarreur électrique alternatif TOPSTART est conçu par THALES.

Lors de leur phase de démarrage, les moteurs d'avions subissent des contraintes mécaniques très fortes avec des implications sur l'usure des pièces.

L'innovation proposée par TOPSTART est d'utiliser pour la première fois une technologie de démarreur à courant alternatif qui est capable de maîtriser le couple appliqué au moteur que l'on souhaite démarrer tout en optimisant l'énergie nécessaire.

Conçue pour les besoins du transport d'avions commerciaux et les exigences nouvelles associées à l'environnement, cette solution technologique n'est pas utilisée dans le domaine militaire. La technologie est repositionnable mais pour le moment les exigences environnementales dans le domaine militaire ne font pas partie de fonctions discriminantes.

Si à l'avenir des exigences environnementales s'imposaient aux usagers militaires, le besoin pourrait alors être exprimé et la solution technologique réadaptée aux exigences spécifiques du client militaire.

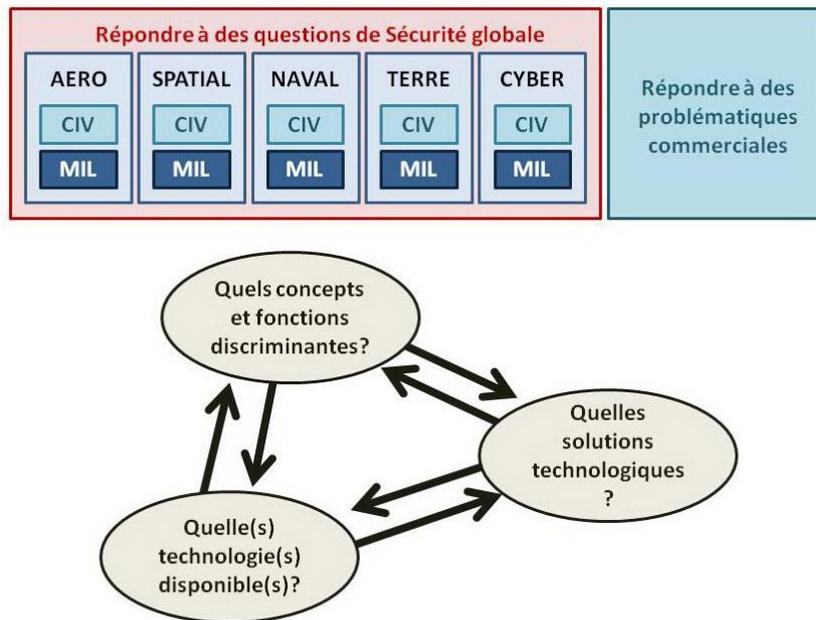
Source : échanges lors des Innovations Days de THALES – mars 2014

Ces trois étapes définies précédemment ne sont pas linéaires. Des ajustements et des allers retours sont nécessaires entre, d'une part, les réflexions sur la disponibilité de la technologie et, d'autre part, la définition des briques de solutions technologies et les concepts d'usages. La démarche n'est pas seulement « *market pull* » (partir des concepts et fonctions différentiantes des usagers) ou « *techno push* »

(partir des technologies disponibles et des ruptures potentielles). Elle combine les deux et concerne les différents acteurs de l'écosystème : DGA-Armées, intégrateurs de systèmes, fournisseurs spécialisés. A chaque étage de l'analyse, les possibilités de définir les synergies civiles / militaires et entre milieux doivent être envisagées.

Le graphique suivant matérialise les enjeux d'un modèle non linéaire de l'innovation. Tirer parti de la dualité repose sur la recherche de synergies possibles au niveau de la R&T. Mais cela ne se limite pas seulement au niveau de la R&T, car la synergie doit aussi être pensée tout au long du processus itératif de l'innovation qui conduit à l'émergence d'hypothèses et de concepts nouveaux ainsi qu'à la définition de solutions technologiques et de produits nouveaux.

Figure 5 – La dualité dans un modèle d'innovation itératif



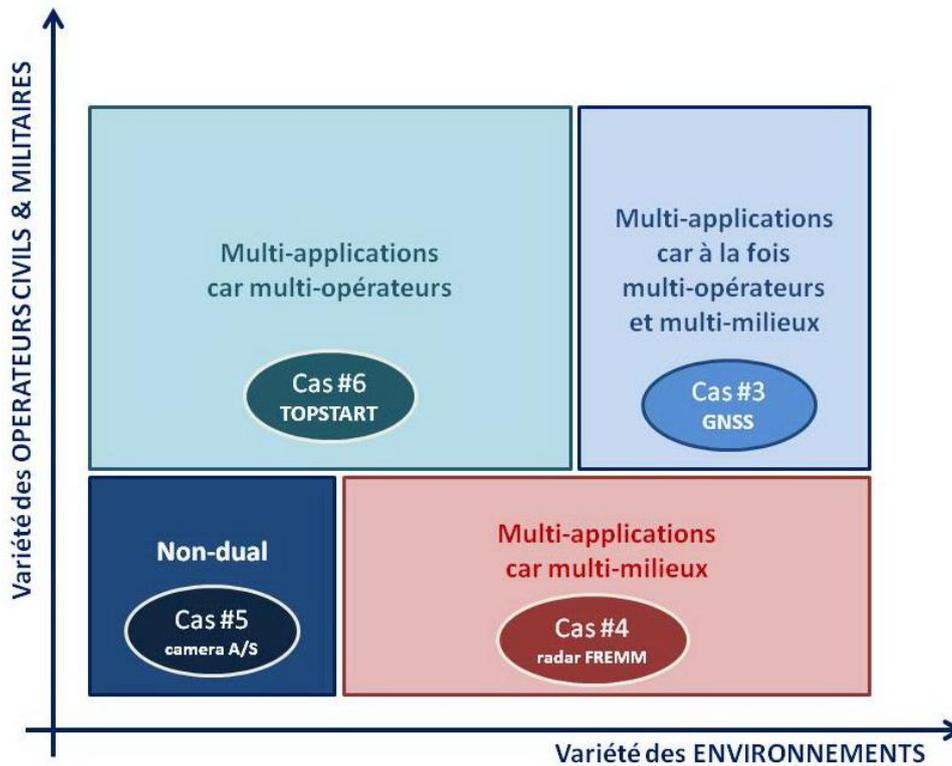
Schématiquement, on peut définir quatre grands cas de figures pour la dualité en prenant en compte à la fois les besoins des opérateurs civils et militaires sur les marchés et la variété des environnements (aéronautique, terrestre, naval, spatial) qui impliquent des exigences non fonctionnelles spécifiques.

Les cas présentés en encadrés dans cette section peuvent être repris selon cette grille d'analyse.

- Les briques ou solutions technologiques ne sont pas duales, c'est-à-dire qu'elles n'ont une valeur d'usage que pour un opérateur civil ou militaire dans un milieu donné. C'est le cas par exemple de l'encadré 5 : la caméra air sol embarqué sur plateformes aéronautiques.
- Les briques ou solutions technologiques peuvent connaître des multi-applications civiles-militaires moyennant des adaptations à la mission mais dans un même et seul milieu. C'est le cas potentiel pour le projet TOPSTART présenté dans l'encadré 6.
- Les briques ou solutions technologiques peuvent être appliquées en multi-milieux mais pour un même type d'opérateurs (civils ou militaires). C'est le cas par exemple du radar naval multi-missions présenté dans l'encadré 4.
- Les briques ou solutions technologiques peuvent connaître des applications multi-milieux et des multi-applications civiles-militaires. C'est le cas du GNSS sécurité présenté dans l'encadré 3.

Il est possible de reprendre les quatre options de la grille d'analyse sous forme d'une graphique qui met en relation la variété des opérateurs par rapport à la variété d'environnements.

Figure 6 – cas types prenant en compte la variété possible de dualité



5.2. Relations au sein de l'écosystème Défense et Sécurité et Open innovation

5.2.1. L'Open innovation comme nouvelle pratique clé des entreprises

L'open innovation constitue aujourd'hui une dimension clé dans la stratégie de l'entreprise (Chesbrough 2003). Ce terme renvoie à la prise en compte d'une situation pratique : l'innovation repose davantage sur la combinaison entre des connaissances internes et externes à l'entreprise que sur les seuls projets développés exclusivement en interne aux entreprises.

L'open innovation constitue une pratique nécessaire pour les entreprises dès lors que les connaissances sont très distribuées entre les acteurs de l'écosystème, ou que les connaissances nécessaires pour concevoir de nouveaux produits et services se situent à la fois dans leur écosystème et à sa frontière.

Une étude récente (Chesbrough et al, 2013) montre que, quel que soit le secteur d'activités, et en particulier dans les secteurs de haute technologie, l'open innovation fait partie intégrante des stratégies des entreprises européennes. Les stratégies d'open innovation des firmes se mettent souvent en place dans des périodes de changement de contexte et de modèle d'affaire (Huizing 2011).

Encadré 7 – Définition des écosystèmes

Les écosystèmes d'affaires sont un concept de management qui a emprunté aux travaux de la biologie. Ce concept permet de caractériser un ensemble d'acteurs qui entretiennent de nombreuses relations, très souvent dans une dynamique de coopération (Moore, 2003 ; Koenig, 2012). Ainsi les écosystèmes sont caractérisés à la fois par des entreprises qui sont en situation de concurrence et de partenariats pour développer leurs activités. Les tensions associées à la coopération c'est –à-dire à la concomitance de situations de concurrence et de coopération est généralement plus forte au sein des écosystèmes qu'entre écosystèmes mais ces situations existent

dans les deux cas.

Les écosystèmes comprennent un nombre d'acteurs variés : entreprises, intermédiaires et clients, généralement structurées autour d'un leader. Ces acteurs entretiennent une communauté de destins et sont finalement impliqués dans des stratégies collectives à la fois coopératives et compétitives en matière d'innovation.

Les écosystèmes d'affaires cherchent à aborder la cohérence des relations et les dynamiques d'évolution de ces relations pour créer de la valeur. Il s'agit d'un concept souvent utilisé pour étudier les formes d'open innovation (West & al, 2013) ou les relations de pouvoir au sein d'un réseau et les dynamiques de gouvernance, que ces dernières soient structurées autour d'une firme pivot (Ianisti & al, 2004 ; Ronteau, 2009) ou selon un mode plus participatif et « démocratique » (Koenig, 2012).

Dans toutes ces approches, les écosystèmes d'affaires s'intéressent à la position des acteurs, leurs relations et les formes de contrôle des ressources pour créer de la valeur.

L'écosystème Défense et Sécurité comprend l'ensemble des acteurs publics et privés qui interagissent sur des marchés militaires et sur des marchés où la mission de Sécurité est primordiale (sécurité intérieure, maritime, aéronautique ect...). Il est composé de plusieurs sous écosystèmes liés aux milieux et missions, mais des acteurs majeurs communs se retrouvent dans chacun de ces écosystèmes. Il s'agit par exemple des grands équipementiers et des firmes intégrateurs de systèmes.

Les règles, la répartition des prérogatives et les stratégies individuelles ou collectives obéissent à des logiques parfois très différentes au sein de ces écosystèmes.

L'open innovation a des incidences au niveau de la stratégie de l'entreprise et au niveau des pratiques managériales (Bahemia & al 2004).

Au niveau stratégique, l'open innovation implique des choix d'organisation, de gestion de la propriété intellectuelle comme de partenariats ou encore les dispositifs mis en œuvre pour combiner connaissances internes/ externes. A travers les mécanismes d'open innovation, il devient possible de faire évoluer les formes de partenariats (par exemple en les focalisant sur les phases d'idéation ou sur l'aval du processus d'innovation). Les dispositifs permettant les liens externes peuvent reposer sur des formes très variables : start-ups, intra-entrepreneuriat, acquisition d'entreprises, licensing out, projets collaboratifs de R&D.

Les incidences sur les pratiques managériales sont aussi variées : elles peuvent impliquer la mise en place de nouveaux processus d'innovation et de nouvelles pratiques partenariales (brainstorming amont avec des partenaires, appels à idées auprès des fournisseurs...) (Gronlund J. & al, 2010).

Au sein des grandes entreprises, l'open innovation peut reposer sur des pratiques et stratégies imposées et formalisées au niveau de la direction générale ou au contraire reposer sur des processus plus informels et décentralisés (cf Mortara, 2011).

Quelles que soient les stratégies d'open innovation mises en place par les entreprises, il existe certaines conditions pour tirer pleinement parti de l'open innovation (Penin, 2008 ; Huzin, 2011).

- **Les connaissances doivent être accessibles** : il faut qu'elles soient libres d'accès ou que leurs conditions d'exploitation (droits de propriété intellectuelle) soient clairement définis et pas trop restrictifs. Le défi est alors double pour l'entreprise. Il s'agit de gérer les tensions inhérentes entre l'accessibilité des connaissances et leur capture pour créer de la valeur. Les conditions d'exercices des droits de propriété intellectuelle, notamment pour les brevets, constituent un enjeu clé. Il s'agit aussi d'assurer des partenariats pour acquérir des connaissances clés en garantissant la chaîne d'approvisionnement. Sur ce point les préoccupations sur les marchés militaires et civils se rejoignent.
- **L'open innovation contraint l'entreprise à apporter une attention toute particulière à la définition des connaissances clés à maîtriser** pour préserver à la fois sa position dans la chaîne de valeur et, en même temps, savoir tirer pleinement partie de la combinaison des connaissances internes et externes. La question des connaissances critiques et par conséquent des stratégies de « make or buy » constituent un enjeu grandissant. La capacité d'absorption d'une entreprise repose sur des compétences qui doivent lui permettre de tirer parti de la combinaison de connaissances internes et externes au sein de l'écosystème. C'est vrai en particulier à la frontière de l'écosystème

pour s'adapter continuellement à la double évolution des technologies et des besoins sur le marché (Cohen & Levinthal 1990 ; Lichtenthaler & al, 2009).

L'open innovation change profondément les pratiques et stratégies des entreprises.

Les stratégies d'open innovation « réussies » dépendent en grande partie de facteurs externes à l'entreprise, notamment au sein de son écosystème.

Elles dépendent de la complémentarité des compétences entre les principaux acteurs dans la chaîne de valeur, et aussi de la gestion collective de l'exploitation des connaissances co-produites pour résoudre les problèmes les plus complexes (Adner, 2010).

5.2.2. Positionner la dualité dans le contexte d'open innovation

La Défense ne représente plus un marché autoporteur avec une filière verticalisée autosuffisante. Aujourd'hui la perméabilité entre les technologies, les compétences et les activités qui répondent à des besoins civils et à des besoins militaires s'interpénètrent de plus en plus.

Après les entretiens réalisés, notre analyse conclut que les entreprises travaillant traditionnellement pour les marchés de Défense et de Sécurité entrent de plein pied dans les enjeux associés à la mise en place d'une stratégie d'open innovation (Verbatim 5). Cette stratégie a un impact direct sur le management de la dualité tel que présenté dans les sections précédentes.

Les incidences de l'open innovation sur la manière d'aborder la dualité se situent à trois niveaux :

- L'open innovation prend forme au sein des écosystèmes d'affaires structurés autour des enjeux de Défense et sécurité dans les milieux aéronautique, spatial, terrestre et naval : **il s'agit d'introduire de nouvelles relations entre opérateurs et usagers, donneurs d'ordres industriels et fournisseurs de systèmes et technologiques pour concevoir des solutions adaptées.** Comme présenté dans les sections précédentes de ce rapport, ce modèle d'open innovation est supporté par un modèle collectif et itératif de l'innovation qui implique d'une nouvelle manière de co-concevoir les solutions technologiques et d'identifier les technologies. C'est au travers de ce processus itératif et collectif que la dualité doit être prise en compte. Au sein des écosystèmes Défense et Sécurité, il existe des points communs et notamment des aspects culturels communs qui partagent un certain nombre de préoccupations fonctionnelles et un certain nombre d'exigences non fonctionnelles.
- **L'open innovation suppose aussi d'envisager la manière de tirer parti des interactions entre les écosystèmes Défense et Sécurité et les écosystèmes commerciaux.** C'est le cas par exemple pour les technologies digitales ou encore dans les composants. La dualité se pense dans un contexte où la culture et les exigences fonctionnelles et non fonctionnelles sont de natures fondamentalement différentes. A titre d'illustration, dans le domaine commercial, le cycle d'innovation est très court et le maintien des chaînes de production pour des standards qui dépassent 3 ans n'a pas d'intérêt. C'est un modèle qui ne correspond pas aux exigences dans le domaine aéronautique civil ou militaire où les cycles sont plus longs. De même la résistance des technologies produites n'est pas un enjeu dans le domaine commercial alors qu'elle est cruciale dans le domaine aéronautique (domaine fonctionnel). Tirer parti de la dualité lorsque celle-ci vise à mobiliser des connaissances à l'extérieur des écosystèmes Défense et Sécurité suppose de pouvoir développer un modèle d'adaptation de la technologie aux contraintes fonctionnelles du milieu (aéronautique, maritime, etc.) mais aussi de prendre en compte des contraintes non fonctionnelles (ex : propriétés de résistance) ou encore les modalités concrètes de mise en œuvre industrielle (ex : chaînes de production) dans le temps.
- **L'open innovation se traduit enfin par la présence de nouvelles entreprises, le plus souvent des SSII, qui se spécialisent sur des domaines clés de l'armement et vont apporter leur propre vision des spécificités du monde militaire.** Ces entreprises contribuent à promouvoir un modèle d'innovation itératif mais introduisent aussi de fait une évolution de la frontière de l'écosystème Défense et Sécurité. Elles impliquent aussi une nouvelle manière de poser les problèmes associés aux spécificités fonctionnelles et non fonctionnelles des technologies et systèmes du secteur Défense. En effet, de manière caricaturale, on peut schématiser les différences entre les leaders industriels de la Défense et les firmes nouveaux entrants par la manière de poser les questions au départ : dans le premier cas, la question vise à s'interroger sur comment réduire les spécificités fonctionnelles et non fonctionnelles du milieu militaire en identifiant au mieux les discriminants et la valeur d'usage attendue par le militaire. Pour les entreprises issues du monde commercial, le point de départ est de partir de solutions génériques pour ensuite analyser comment les adapter aux spécificités militaires.

Pour eux, l'enjeu réside dans le besoin de convaincre de leurs capacités à comprendre les besoins opérationnels, et ensuite à apporter des gains d'efficacité opérationnelles.

5.2.3. Conditions de réussite de la dualité dans le contexte d'open innovation

Pour tirer parti pleinement de l'open innovation et par conséquent de la dualité, nous avons identifié à ce stade de l'analyse deux enjeux majeurs.

L'un est associé à l'accessibilité et aux conditions d'exploitation des connaissances.

L'autre renvoie à la définition de connaissances et des profils critiques au sein des organisations.

5.2.3.1. Incidence sur l'accessibilité et l'exploitation des connaissances

Dans l'écosystème Défense et Sécurité, les contraintes d'accessibilité et d'exploitation des connaissances sont nombreuses et s'analysent à plusieurs niveaux : tout d'abord les contraintes portées par les Etats dans le cadre du soutien public aux financements de la R&D et ensuite, les contraintes portées par les donneurs d'ordres industriels dans la conception des programmes complexes.

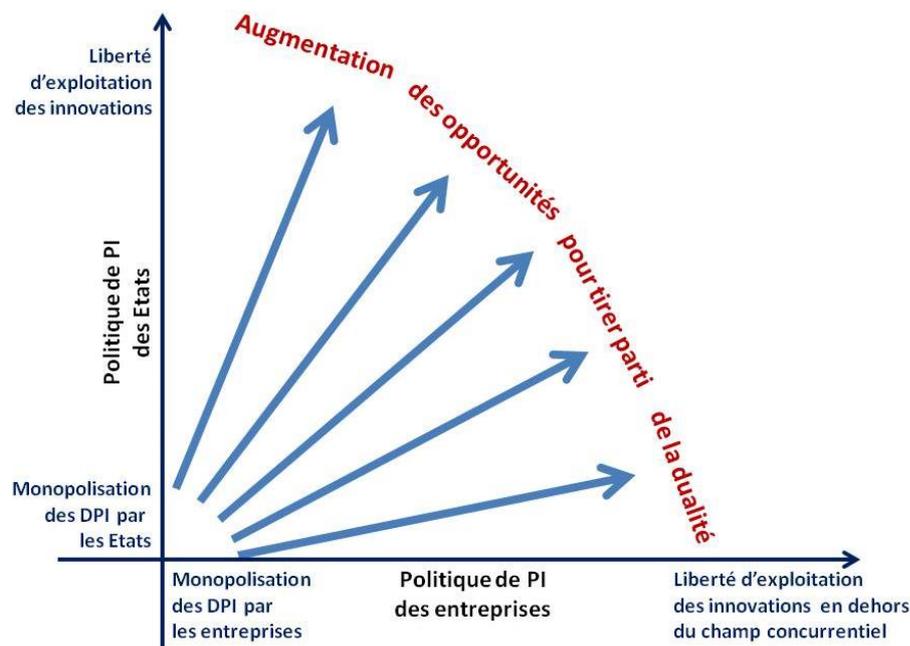
Lorsque les Etats financent la R&T, le contrôle sur l'exploitation des technologies financées au sein du territoire national est une contrainte plus ou moins forte qui a des incidences sur la stratégie des firmes et obère le potentiel de dualité en limitant les recombinaisons possibles de connaissances. Les contraintes de gestion de la PI rentrent alors comme un critère important pour choisir la localisation géographique des travaux de R&T : la localisation géographique ne repose pas alors sur le seul critère de la compétence technique des équipes, mais aussi des conditions d'exploitation des innovations produites. Les modalités de gestion de la propriété intellectuelle deviennent un facteur clé d'attractivité pour héberger de nouveaux projets de R&T.

Les contraintes associées à la gestion des DPI s'analyse aussi au niveau des règles et restrictions imposées par les donneurs d'ordre industriels. En Europe ces contraintes sont fortes. Par exemple, AIRBUS considère qu'il a généralement la propriété des solutions technologiques de ses fournisseurs dès lors qu'il a défini les spécifications à atteindre. Si cette stratégie se comprend bien dans une logique concurrentielle (face à BOEING en particulier), elle obère la capacité des fournisseurs à redéployer les solutions technologiques sur des marchés connexes mais qui ne sont pas dans le champ concurrentiel direct du donneur d'ordres. Suite aux différents entretiens réalisés avec les entreprises, il semble que les contraintes financières accrues sur le marché militaire entraînent de nouvelles réflexions sur la gestion des droits de propriété intellectuelle des firmes, en particulier des donneurs d'ordres, qui vont progressivement dans le sens de contraintes supplémentaires dès lors qu'une innovation a été réalisée dans le cadre d'un programme complexe. Ainsi la définition du background knowledge (technologique) de chaque entreprise avant d'intégrer un projet va constituer un enjeu de plus en plus central pour faciliter les capacités de redéploiement ultérieures.

Quelques nouvelles pratiques permettent cependant d'accroître les possibilités de tirer parti de l'open innovation. Ainsi dans le cadre de projets cofinancés ou co-spécifiés par THALES avec des PME, le groupe THALES a fait évoluer les règles applicables en matière gestion de la propriété intellectuelle. THALES permet aujourd'hui explicitement l'exploitation libre de l'invention de la PME développée dans le cadre d'un projet avec THALES dès lors que cela s'applique hors du champ concurrentiel direct de THALES. Cela permet aux PME de chercher d'autres opportunités de déploiement de leurs solutions technologiques.

Dans l'écosystème Défense et Sécurité, les contraintes d'accessibilité et d'exploitation des technologies se situent donc à deux niveaux : dans et hors du champ concurrentiel des partenaires ou des donneurs d'ordres. Les possibilités de tirer parti de la dualité augmentent de façon cohérente avec la contrainte de concurrence. Ces éléments sont figurés sur le schéma infra.

Figure 7 – Dualité et gestion des droits de propriété intellectuelle



5.2.3.2. Sur les connaissances critiques à maîtriser

La question des connaissances critiques que les entreprises doivent maîtriser s’inscrit dans la question plus globale du « make, team or buy ».

Les choix dépendent à la fois du caractère stratégique des connaissances pour préserver la position des firmes dans la chaîne de valeur d’une part, et des conditions économiques de production et donc de la garantie de la permanence de la chaîne d’approvisionnement d’autre part. Cela suppose aussi pour les entreprises de s’interroger sur les profils de compétences nécessaires en interne pour optimiser la recombinaison des connaissances internes et externes dans le but de créer de nouvelles solutions technologiques.

Dans le cadre de cette étude, deux enjeux clés sont donc identifiés :

A) *Le besoin de disposer de nouveaux profils de compétences dans les entreprises*

Il s’agit de compétences d’interfaces c’est-à-dire d’individus capables de comprendre et reconnaître la valeur d’une connaissance à l’extérieur de l’environnement immédiat de l’entreprise.

- La littérature met en évidence que généralement, il faut des individus multi-positionnés dans différents univers. On évoque souvent les *boundary spanners* comme des individus qui vont reconnaître rapidement la valeur d’une connaissance et l’intérêt de la recombinaison avec des connaissances disponibles dans l’entreprise pour créer une autre forme de valeur. Dans les entreprises travaillant pour la Défense, il peut s’agir d’individus qui connaissent les spécificités fonctionnelles et non fonctionnelles pour répondre à différents opérateurs (civils ou militaires) et / ou en fonction des milieux. Ils contribuent à traduire les exigences en solutions ou encore à identifier les points communs ou redéployables d’un marché à un autre.
- Plus globalement la capacité d’absorption de l’entreprise suppose une combinaison de compétences qui permet de tirer parti de connaissances qui sont vraiment à la frontière de l’écosystème, c’est-à-dire éloignés des référentiels de l’entreprise. Il s’agit par exemple pour les entreprises travaillant sur le marché d’armement et de la sécurité de pouvoir identifier rapidement les opportunités du digital dans le monde commercial et de pouvoir comprendre l’intérêt de les adapter dans le contexte des écosystèmes Défense et Sécurité. Il s’agit aussi de capter des connaissances qui sont plus éloignés des domaines technologiques et des exigences

fonctionnelles connues par les employés de l'entreprise. Pour les nouveaux entrants sur le marché de la Défense, il s'agit d'investir dans la relation client pour comprendre la spécificité du métier et créer une relation de confiance.

B) *Le besoin de construire une réelle complémentarité des compétences dans les écosystèmes Défense et Sécurité*

La possibilité de tirer parti de l'open innovation et de la dualité suppose une cohérence des stratégies et des compétences des acteurs au sein de l'écosystème (usagers, donneurs d'ordres, fournisseurs, sous-traitants...). L'alignement ou du moins la cohérence entre les stratégies et les domaines de compétences des principaux acteurs de l'écosystème constitue une clé d'entrée essentielle pour comprendre la capacité des entreprises à innover et à tirer parti de l'open innovation (Adner, 2010).

A l'issue de cette étude, nous analysons que cet alignement se révèle déterminant pour permettre aux entreprises de tirer parti de la dualité. L'open innovation va impliquer une évolution de la frontière des compétences critiques entre les entreprises travaillant traditionnellement pour l'écosystème Défense et Sécurité pour tenir compte des nouveaux entrants sur le marché. Aujourd'hui l'absence de réel alignement entre les stratégies et les compétences des différents acteurs est sans aucun doute la conséquence d'un modèle en transition (évolution des technologies, évolution des modèles économiques en raison de la baisse des budgets de Défense...) qui, sur le court terme, se montre pénalisant à la fois pour permettre l'émergence des innovations de demain et pour tirer pleinement parti de la dualité.

Le réseau embarqué adaptatif présenté dans l'encadré 9 illustre parfaitement les enjeux de l'open innovation à la fois en termes de stratégie « make or buy » qu'en termes de profils de compétences requis pour accroître l'identification du potentiel de dualité d'une solution technologique.

**Encadré 8 – Innovation, dualité et stratégie de « make or buy » :
le réseau embarqué adaptatif**

Le réseau embarqué auto adaptatif est conçu par THALES.

Ce projet a aujourd'hui atteint un niveau de maturité technologique TRL 6.

Dans les systèmes complexes embarqués, les calculateurs sont reliés en réseau. Le réseau embarqué auto adaptatif est un réseau maillé, destiné à améliorer la garantie d'acheminement des informations et échanges. Il est conçu autour d'un routeur intelligent, qui s'adapte instantanément aux disparitions et apparitions des nœuds ou de liens et assure un chemin minimal entre deux nœuds du réseau.

Ce projet a été réalisé par THALES dans le cadre d'un besoin exprimé par DASSAULT AVIATION pour le Rafale : il était nécessaire de développer un réseau résilient en étoile : si une des connexions entre les Rafale cesse, les pilotes doivent pouvoir continuer à communiquer.

Au départ, ce besoin était couvert en partie par un fournisseur de THALES qui développait principalement ses activités sur des marchés commerciaux. Le produit était obsolète et la nouvelle solution technologique a été ré-internalisée au sein de THALES.

Deux raisons expliquent ce choix.

- D'une part la difficulté à mobiliser le sous-traitant pour obtenir une solution technologique nouvelle et adaptée aux contraintes de l'environnement Rafale
- D'autre part les technologies et compétences sur les réseaux adaptatifs deviennent critiques pour les systèmes de Défense et de Sécurité.

Pour ces deux raisons, THALES a pris la décision de ré-internaliser la compétence et le développement de la solution technologique.

Les équipes de THALES ont mené ensuite des réflexions pour trouver d'autres applications potentielles à cette solution technologique. Dans le domaine de l'aéronautique civile, les contraintes de certification sont-elles que les équipes n'ont pas jugé opportun de faire les investissements nécessaires pour envisager un redéploiement de la technologie pour les avions commerciaux.

En revanche, une opportunité existe dans le domaine des lanceurs spatiaux et des missiles avec

ASTRIUM. Dans ce domaine, les contraintes de certification sont différentes et moins contraignantes. Un fait important à faciliter l'identification de cette opportunité potentielle de redéploiement de la technologie : dans les équipes en charge du développement du réseau embarqué auto-adaptatif, des ingénieurs avaient travaillé sur des applications missiles et d'autres avaient eu une expérience professionnelle chez ASTRIUM.

Sources : échanges lors des Innovation Days de THALES – mars 2014

5.2.4. Les relations entre les entreprises au sein de l'écosystème Défense et Sécurité

L'analyse des relations au sein de l'écosystème Défense et Sécurité est fondé à la fois sur les points clés concernant les relations entre les entreprises d'une part, et d'autre part, l'analyse de dispositifs clés de financement public de la R&T (comme ceux mis en place par la DGA ainsi que ceux gérés dans le cadre des pôles de compétitivité et enfin les dispositifs européens).

Les relations au sein de l'écosystème constituent un enjeu clé pour comprendre les dynamiques de l'innovation mais aussi les possibilités de tirer parti de la dualité pour les entreprises.

Les entretiens réalisés auprès des grands donneurs d'ordres industriels de l'aéronautique et de la Défense conduisent à mettre en perspective quelques, éléments spécifiques concernant leurs relations avec la chaîne de sous-traitance, en particulier avec les PME et ETI ainsi que les changements potentiels dans les relations entre grands donneurs d'ordres. Dans le cas de DCNS par exemple, l'élargissement des activités de l'entreprise sur d'autres marchés que la construction navale militaire est plus difficile dès lors que la chaîne de sous-traitance ne peut pas accompagner ses évolutions (cf voir section 4.1.3 de ce rapport).

Premier constat, il n'existe pas de différences fondamentales dans la manière de gérer la chaîne de sous-traitance entre les marchés civils et militaires : les enjeux de sécurité d'approvisionnement industrielle, de fiabilité et de compétitivité de la chaîne de sous-traitance sont présents à la fois sur les marchés civils et militaires. Les spécificités des relations n'existent qu'en raison des pratiques différentes de certification (qui peuvent conduire par exemple à être plus intrusif dans les procédés de la PME pour les marchés aéronautiques civils par exemple) et sur les cadences de production. Certaines contraintes sont plus fortes sur le marché militaire. C'est par exemple le cas avec la sécurité d'approvisionnement technologique quand l'industrie doit maintenir des filières locales en Europe pour préserver une source d'approvisionnement sur un segment de marché « protégé » par une réglementation ITAR. Il ressort des entretiens que ces spécificités sont gérées au cas par cas et que la mise en place d'une filière d'approvisionnement spécifique se fait seulement dans le cadre d'une nécessité absolue.

Deuxième constat, la thématique de l'open innovation est une préoccupation nouvelle des grandes entreprises qui se traduit par des réflexions sur l'internationalisation de la chaîne de sous-traitance. L'enjeu pour les grandes entreprises est d'accéder ainsi à de nouveaux marchés et de se positionner dans les régions du monde où se situent les plus fortes dynamiques de l'innovation (Silicon Valley, Israël, Asie...). Cette préoccupation est commune à tous les industriels quel que soit le marché (civil et militaire) sur lequel l'entreprise se positionne. L'open innovation introduit de fait de nouvelles réflexions en matière de stratégie sur la logique « make, team or buy ». Ces réflexions existent dans tous les cas mais elles ne revêtent pas les mêmes contenus selon le niveau de maturité de la réflexion stratégique et de l'adaptation aux nouveaux contextes. La conjonction entre la spécificité du métier de chaque industriel, la maturité de sa réflexion stratégique et la nature des bouleversements qui affectent son modèle stratégique conduit ici à des réflexions plus ou moins embryonnaires sur ce qui doit être absolument développé en interne, en collaboration et selon une forme plus traditionnelle de sous-traitance.

Au niveau de l'interaction entre grands donneurs d'ordres et équipementiers industriels, les relations coopératives / marchandes installées depuis de nombreuses années subissent des tensions. Jusque-là, ces relations étaient structurées autour de grands programmes de recherche technologique. Toutefois, la baisse des budgets de Défense et le rééquilibrage des perspectives de croissance entre marchés civils et militaires peut entraîner à terme une évolution des relations entre entreprises. Ce n'est pas la notion de partenariat qui est remise en cause car elle représente une dimension cruciale de l'analyse de l'écosystème, avec une dynamique de coopération qui reste au moins aussi forte aujourd'hui qu'hier. La question repose sur la stabilité du modèle dans le temps. Les relations entre grands donneurs d'ordres et équipementiers évoluent car leurs rôles dans l'écosystème changent et que la part des équipementiers industriels dans la création de la valeur ajoutée des programmes augmente. Les relations évoluent aussi parce que la dynamique de l'innovation prend sa source dans une stratégie propre à chaque acteur, où la

part relative des grands programmes technologiques gérés en commun diminue très fortement. Les relations évoluent alors du fait des stratégies d'innovation et d'internationalisation propres à chaque industriel.

Dans les tensions sur le modèle de coopération (c'est-à-dire dans le trade-off entre concurrence et coopération), on constate que les contraintes des marchés civils et militaires conduisent les grands donneurs d'ordres (civils et militaires) à introduire des relations plus marchandes que coopératives. Dans le même temps, les grands équipementiers cherchent à mieux valoriser leurs inputs dans un cadre de coopération renouvelé. Globalement c'est n'est pas dans la répartition des budgets disponibles que la tension va se constater de façon très explicite à court terme, car cette démarche semble assez cohérente avec les contributions de chaque acteur. Même si notre équipe n'a pas eu encore l'occasion de travailler sur les aspects contractuels établis entre grands donneurs d'ordres et grands équipementiers de façon approfondie, les entretiens déjà réalisés ne révèlent pas de souci majeur à ce niveau. Ce sont la gestion de la propriété intellectuelle et la nature de la relation (plus ou moins directe) à l'usager final qui cristallisent toutes les tensions, car elles dimensionnent la relation de pouvoir dans la dynamique qui permet de se projeter sur la préparation des capacités futures. Ces évolutions sont très visibles sur des points concrets des projets communs : A qui appartiennent les résultats ? Quelles contraintes introduire pour redéployer une technologie d'un projet à un autre ? Comment accéder à la perspective de l'usager final qui peut aider le processus de développement ? Comment contribuer à la prise en compte de toutes les contraintes de conception pour l'ingénierie système ? Comment influencer les arbitrages finaux avec le client ?

La situation traduit à la fois une montée des grands équipementiers dans la chaîne de valeur et une perte de compétence technique sur des segments entiers du spectre des technologies nécessaires par les grands programmes du côté des grands donneurs d'ordres (du fait principalement de la sophistication toujours croissante de certaines briques technologiques, et de la complexité système liée aux grands programmes). En fait, le statut d'intégrateur reste dimensionnant mais le statut des grands équipementiers évolue du fait de la complexité à prendre en compte dans les programmes. *Pour le dire autrement, la maîtrise de la complexité suppose d'accepter qu'une partie plus importante de la maîtrise de l'ingénierie « système » doit être partagée avec les grands équipementiers.* **Cela remet directement en cause les termes du modèle de coopération qui prévalait jusqu'alors entre les principales firmes leaders sur les marchés aéronautique et Défense sans remettre en cause la spécificité du métier de l'intégrateur qui reste entière, et son statut.**

La présence de firmes nouveaux entrants sur le marché de Défense introduit enfin un bouleversement potentiel au sein de l'écosystème parce qu'elle induit la nécessité de définir de nouvelles relations avec les acteurs « historiques » de l'écosystème. En effet, la volonté d'aller plus loin dans les logiques « réseau centrées » et l'interopérabilité des systèmes et des matériels a permis à de nouvelles entreprises de gagner des contrats sur le marché de l'armement. Ces contrats ont pour vocation d'instaurer de nouvelles formes d'interopérabilité des fonctions et des systèmes. De fait, cela va progressivement introduire la nécessité d'un dialogue entre l'opérateur public (client DGA ; usager dans les armées), les intégrateurs de systèmes et principaux équipementiers et, enfin, les entreprises du secteur informatique qui sont les principaux « nouveaux entrants » sur le marché. Ces relations sont aujourd'hui difficiles à définir parce qu'elles requièrent à la fois de trouver de nouvelles modalités pour gérer la coopération au sein de l'écosystème et de promouvoir de nouvelles relations de confiance.

6. LA DUALITE DANS LES NOUVEAUX BUSINESS MODELS DE L'INDUSTRIE

Cette section va présenter successivement les dimensions à analyser dans un business model, puis les spécificités des *business models* associées aux marchés civils et militaires (armement) à travers l'analyse de l'interaction avec les usagers, les coûts d'un programme, les effets de série (séries longues vs. séries multi-unitaires), la nature des coûts principaux dans les programmes (récurrents vs. non récurrents) et leur impact sur la gestion de la trésorerie, la gestion du temps et de l'incertitude et, enfin, le couplage entre les exigences fonctionnelles et non fonctionnelles des programmes. La section s'achève par une synthèse des différences entre les *business models* civils et militaires (armement) puis par une série de perspectives qui permettent de gérer les contraintes des *business models* afin de permettre d'être présent dans la prise en compte et l'exercice de la dualité.

6.1. Les dimensions du business model

Un business model comprend différentes dimensions clés dont la gestion des ressources (financières, infrastructures et compétences) de l'organisation et la manière de les combiner pour générer des moyens financiers qui permettent de pérenniser l'entreprise et de mettre en œuvre sa stratégie. **L'analyse de ces moyens financiers va donc porter principalement sur l'existence d'une marge brute d'exploitation positive et sur l'existence de marges opérationnelles positives dans la comptabilité analytique de chaque activité (par exemple au niveau d'une business unit ou d'une business line).**

6.1.1. Cadrage général sur le recours aux *business models* en analyse stratégique

L'analyse des ressources va porter à la fois sur les moyens financiers, sur les infrastructures et sur les compétences. Chacun de ces trois piliers de l'analyse d'un business model entre dans l'analyse des capacités clés d'une entreprise et de la dynamique qui lui permet de se projeter dans la mise en œuvre d'une stratégie, et de l'analyse critique de la faisabilité de chaque stratégie. Chacun de ces trois piliers se traduit aussi par des investissements (CAPEX, pour *capital expenditures*) et par des coûts d'opérations (OPEX, pour *operational expenditures*). Il ne faut pas imaginer que les ressources financières mentionnées en tant qu'OPEX et de CAPEX vont représenter de façon exhaustive la traduction sous forme monétaire des investissements liés aux infrastructures et / ou aux compétences.

Le raisonnement sur les business models renvoie alors la manière de capturer la valeur sur le marché, donc à la fois dans la perspective du client et dans la gestion des éléments de soutien, ce qui inclut la répartition de la valeur au sein de la *supply chain*.

Toute entreprise repose sur des infrastructures, des ressources humaines et des capacités technologiques (ou R&D) qui décrivent le potentiel utilisé pour mettre en œuvre un modèle d'opération qui repose aussi sur une chaîne logistique interne et externe (*supply chain*) ainsi que sur un dispositif de distribution. Cette démarche est globalement orientée vers la possibilité de générer des marges opérationnelles (l'excédent brut d'exploitation et toutes ses composantes, qui se traduit par un solde positif entre le chiffre d'affaires et les dépenses opérationnelles).

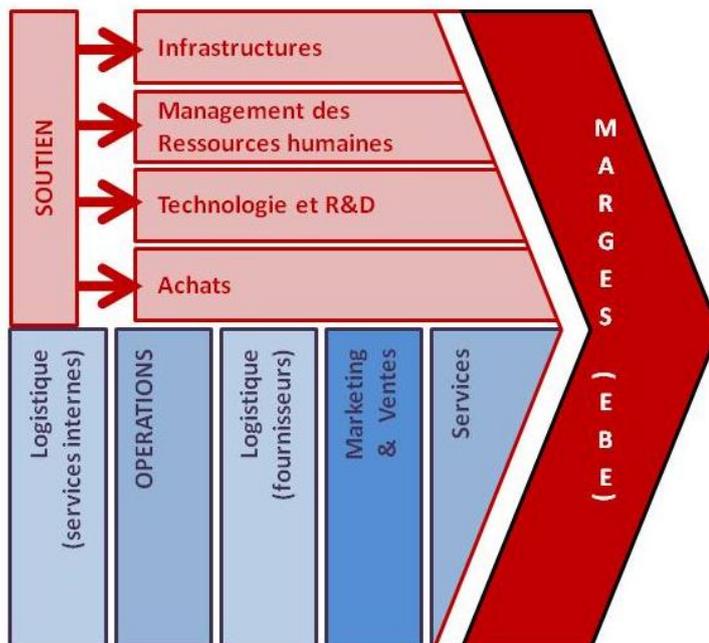
Le travail autour d'un business model va donc globalement se structurer à partir d'une série de fonctions transverses (ou support), par exemple les fonctions ressources humaines, R&D ou achats. L'ensemble de ces éléments introduit une série de coûts indirects pour la mise en œuvre des activités opérationnelles. A côté de ces éléments, on va retrouver les infrastructures et tous les éléments associés au renouvellement des investissements (d'où ici la différence entre investissement brut et net) et à leur amortissement.

En parallèle de ces éléments, il importe de souligner toute la variété de coûts directs qui impactent une activité : logistiques, approvisionnements, opérations, marketing, vente, support et soutien une fois que le produit est livré chez un client. Ces éléments sont à prendre en compte dans le cadre du calcul de l'excédent brut d'exploitation (EBE) et de toute la logique d'amortissement associée aux investissements en infrastructures ou en compétences.

Au final, l'analyse d'un business model se concentre sur plusieurs dimensions qui n'ont pas grand-chose à voir avec l'élaboration du bilan de la comptabilité générale (où le raisonnement va plutôt se focaliser en statique sur la photographie des actifs et du passif à un instant donné) et qui renvoient à la partie « haute » d'un compte de résultat en comptabilité française ou européenne.

Les dimensions fondamentales du business model sont figurés dans le schéma suivant :

Figure 8 – Schéma générique de présentation d'un business model



Quand on raisonne de façon à simplifier au maximum l'équation du management stratégique au sein d'une entreprise, on finit par reposer sur un triptyque qui relie le chiffre d'affaires, les structures de coûts et le profit éventuel.

Dans le moyen et long terme, la soutenabilité de la stratégie de l'entreprise repose sur la capacité à dégager un bénéfice d'exploitation ET un bénéfice net (hors charges et produits exceptionnels) positifs dans la durée. Dans le court terme, en revanche, seule l'analyse du bénéfice net d'exploitation et de l'excédent brut d'exploitation liés à une activité particulière sont pertinents.

Le « grain » de l'analyse va porter sur une famille de produits ou sur les activités d'une division. Que le découpage conduise ici à poser à nouveau des questions de taille de l'entreprise importe peu, l'essentiel consiste à pouvoir circonscrire l'étude de la soutenabilité de la stratégie à une famille de produits qui découlent *directement* d'une nouvelle activité économique. Si l'innovation sous-jacente porte sur de la technologie, alors les conséquences en matière de business model vont porter à la fois sur des produits ou des services induits par les produits, et seront associées à un chiffre d'affaires, des prix, une base de clientèle et un marché. Si l'innovation porte sur de l'optimisation de moyens de production ou de méthodes de travail, alors les conséquences en matière de business model vont se situer au niveau de la réduction des coûts d'opération pour des activités qui pré-existaient à l'innovation, mais dont la productivité et / ou la rentabilité auront / aura changé (ce qui permet ici d'améliorer l'équation associée au business model sur une ligne de produits ou de services).

6.1.2. Analyser la dualité en référence aux business models

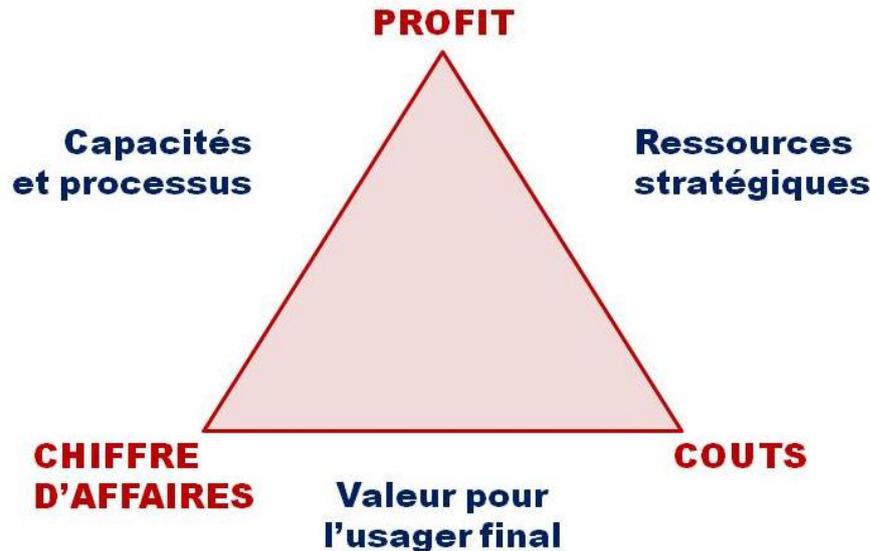
On touche ici un premier point majeur de l'analyse de la dualité : la vision usuelle de la dualité qui a été portée par le modèle linéaire de l'innovation se traduisait par une vision centrée sur la technologie et sur la mise en œuvre de nouveaux produits. De ce point de vue, la dualité était supposée se traduire *in fine* par de nouvelles lignes de produits et par de nouveaux clients ou de nouveaux marchés. Cette vision ne doit pas être laissée de côté dans le cadre de cette étude mais, à nouveau, dans le cadre d'un développement sur les business models, elle reste trop réductrice. Pour être complète, l'analyse de la dualité doit porter aussi sur les éléments qui génèrent des gains de productivité (et donc ici on se situera seulement dans le cadre des analyses de coût, y compris sur des lignes de produits déjà existantes) à partir de coûts directs (par exemple la chaîne de production qui est directement reliée à une ligne de produits) ou de coûts

indirects (par exemple sur des aspects connexes ou amont de la ligne de produits considérée). Au titre des coûts indirects, par exemple, on peut mentionner tout ce qui permet de prendre en compte de façon efficace les spécifications non fonctionnelles sur une ligne de produits, ou encore tout ce qui permet d'améliorer la productivité d'un outil de production.

Sur la base d'un triptyque reliant le chiffre d'affaires, le profit et la structure de coûts, on peut alors mettre en évidence des relations qui permettent de gérer de manière adaptée la mise en œuvre de la dualité telle que définit dans les sections précédentes de ce rapport.

Ces éléments sont figurés sur le schéma infra.

Figure 9 – Equations stratégiques pour une entreprise : Valeur, capacités et ressources



La relation la plus importante fait le lien entre structure de coût et chiffre d'affaires. Cette relation ne permet pas de caractériser l'utilité du service rendu à l'utilisateur (ce que les économistes appellent la valeur-utilité), mais de gérer les niveaux de prix qui l'accompagnent. On se situe alors face à deux problèmes basiques de l'équation d'un business model : la fixation du prix, et le niveau du chiffre d'affaires. La somme des coûts directs et indirects doit être en cohérence avec la valeur-utilité portée par les produits ou le service qu'ils rendent. Le chiffre d'affaires sert à rémunérer tous les facteurs de production et à inscrire la vie de l'entreprise dans la durée. Si le chiffre d'affaires est trop faible, alors le business model n'est pas viable. Si les prix sont trop élevés par rapport à la demande éventuelle sur un marché précis, alors le business model n'est pas viable. Si le cumul de tous les coûts ne peut pas être couvert par le chiffre d'affaires pour un type de client et un positionnement de marché donné, alors le business model n'est pas viable. Ici, l'équation de la dualité est simple : si on introduit un nouveau type de client, ou un nouveau marché de référence, il faut être capable de mettre en place un business model qui correspond aux produits requis par ce marché, aux clients, et aux prix qu'ils sont prêts à accepter.

La relation entre chiffres d'affaires et profit repose sur l'analyse des revenus de l'entreprise, et des processus industriels qui les accompagnent. Ce raisonnement repose sur une analyse des capacités critiques (*core competences*, Prahalad & Hamel, 1990) disponibles. La capacité à générer des produits différenciants par rapport aux concurrents repose directement sur la présence de ressources critiques. Ces capacités servent à élaborer les produits vendus aux clients. C'est justement quand les capacités critiques sont capables de générer un avantage compétitif que le chiffre d'affaires existe, et que le profit suit éventuellement. Ici la question de la dualité est simple à poser : en tant qu'aboutissement du processus, il est possible de mettre à profit des capacités critiques disponibles pour générer du chiffre d'affaires.

On retrouve cette lecture stratégique sous une autre forme dans la dernière relation du triangle.

La relation entre coûts et profit permet d'éclairer la dernière partie de l'équation du business model : les actifs disponibles, en traitant à la fois les actifs corporels et incorporels. *En statique* (i.e. dans la lecture d'un bilan ou d'un compte de résultat) la relation entre les coûts et le profit traduit l'impact

des ressources stratégiques d'une firme sur l'efficacité de la structure de coût de la firme. Cela permet de refaire le lien avec les logiques de prix décrites plus haut (pour la relation entre chiffre d'affaires et coût) et avec l'analyse de la pertinence des capacités critiques pour générer du profit. Dans cette dernière partie de l'équation, on apporte aussi la partie *dynamique* liée au renouvellement des capacités critiques (qui deviennent alors des capacités dynamiques, *dynamic capabilities*, Teece & al, 1987).

Dans la structure de coût d'une entreprise, on va donc trouver toute la partie liée aux investissements dans les capacités critiques futures. Les investissements ont un coût, plus ou moins direct.

La relation entre coût et profit matérialise alors la possibilité de se projeter dans le futur des capacités industrielles critiques et des éléments différenciants pertinents pour faire subsister l'entreprise.

La relation entre chiffre d'affaires et profit matérialise de façon symétrique la possibilité de se projeter dans le futur des relations industrielles critiques et de financer les investissements associés.

6.2. Les spécificités des *business models* sur les marchés militaires et les marchés civils

Les business models décrivant les projets liés à l'armement sont assez originaux et spécifiques par rapport au cadre des marchés commerciaux, même par rapport aux activités qui seront typiques de l'aéronautique par exemple.

Les points majeurs d'originalité sont évoqués dans cette sous-section.

6.2.1. Interactions avec les usagers

Dans le secteur civil commercial, l'utilisateur final est un client dont l'industrie analyse le comportement. L'industrie met alors en place des activités qui permettent de délivrer le bon produit au bon moment, avec des caractéristiques techniques cohérentes avec le prix final que peut payer ce client.

Dans le cadre des programmes militaires, l'utilisateur final est un soldat qui utilise le matériel mis à sa disposition par l'administration pour aller mener une opération militaire dans un cadre adversarial. L'objectif passe par la supériorité opérationnelle sur le champ de bataille, et par la formation des personnels qui le servent.

Les interactions avec les usagers sont donc deux types très différents : d'une part une logique de nature économique, avec des clients, des chiffres d'affaires et des retours sur investissement ; d'autre part une logique d'acquisition pour des programmes qui visent à remplir une mission de service public (et dont le statut de bien public pur ne peut pas être remise en cause).

L'analyse se trouve confrontée à des logiques différentes pour analyser la valeur pour l'utilisateur final.

La valeur pour l'utilisateur final civil repose sur la mise en place d'un calcul économique (de façon un peu caricaturale, une analyse coûts - bénéfices). La valeur pour l'utilisateur final militaire repose sur la réussite de la mission militaire, dans un cadre d'incertitude sur la relation adversariale.

Cette différence permet de caractériser que l'utilisateur final civil est assez facile à anticiper, si ce n'est dans son usage sous une forme exhaustive mais au moins à travers le programme d'analyse coûts-bénéfice qui lui est associé.

Pour ce qui concerne le militaire, il convient de faire la part des choses entre les spécifications opérationnelles indispensables pour réussir la mission et mettre en œuvre un concept d'emploi des forces précis, et celles qui relèvent de la difficulté à traduire la prospective des opérations militaires sous la forme de spécifications. Seuls les Etats qui n'ont pas de problèmes budgétaires, ou qui font face à une menace militaire forte, peuvent se payer le luxe (budgétaire) de ne pas mettre en place d'analyse précise sur les coûts budgétaires réels de chacune des spécifications techniques. Dans le cas usuel, les Etats entrent dans une analyse de « design to cost » pour éviter de spécifier des caractéristiques inutiles du point de vue de l'opérationnel.

6.2.2. Tout le problème consiste donc aujourd'hui pour l'acheteur « Défense » de prendre en compte le bon besoin militaire à partir d'un processus d'anticipation et de planification des capacités nécessaires. Pour l'instant, ces mécanismes sont gérés en interne aux administrations de la Défense, et en

particulier dans un dialogue entre l'agence d'acquisition et / ou de recherche, et les armées. Typologie des coûts.

De façon usuelle, la prise en compte des coûts de production repose sur une typologie simple entre coûts fixes et coûts variables, qui se scindent ensuite entre coûts proportionnels et non proportionnels.

Parmi les coûts fixes associés à un projet ou à une activité, la littérature économique cite de façon traditionnelle les éléments associés à la R&D.

Parmi les coûts variables, on retrouve tous les coûts liés à l'outil de production et aux opérations.

La catégorie la plus simple à identifier renvoie aux coûts variables proportionnels : ils varient à hauteur des unités de biens produites, ou des volumes de facteur de production (capital, travail, temps). Si cette catégorie reste simple à identifier, cela ne doit pas pour autant laisser croire que l'identification des abaques de coût élaborés par la comptabilité analytique émerge de façon spontanée et automatique. La mise en évidence de facteurs de coûts et la quantification (monétaire) des unités d'œuvre reste complexe.

Autre catégorie importante, les coûts variables non proportionnels. Il faut les distinguer car ils renvoient à des raisonnements qui mettent en œuvre des effets de seuil. On peut citer l'exemple traditionnel de la chaîne de production ou d'une machine qui vaut pour une capacité donnée, mais qui n'est pas dimensionnée pour produire plus d'un certain volume en un temps donné. Si on veut augmenter le volume au-delà de la capacité, il faut une deuxième machine. Si on veut installer cette deuxième machine, il faut aussi introduire le coût liés aux locaux et à la maintenance de la deuxième machine.

Si on va plus loin dans le raisonnement au niveau de la fonction de production, on introduit tous les calculs de productivité, ce qui revient à identifier les propriétés des volumes de production (en termes de qualité et de quantité) par unité de facteur de production consommée (capital, travail, temps). Si on veut par exemple augmenter la cadence de production, il faut parfois investir dans un autre type de machine caractérisé par des rendements horaires différents. Au-delà de la productivité horaire, on pourra identifier aussi les éléments qui nécessitent de travailler sur l'intensivité de la production en termes de travail ou de capital (labour-intensive activities vs. capital-intensive activities).

On peut aussi associer à ce raisonnement sur la productivité tous les éléments qui décrivent les spécifications d'un produit en termes de qualité. Pour des niveaux de qualité différents, il faudra des machines ou des compétences différentes. Cela vaut par exemple pour la précision d'usinage, ou pour la capacité à travailler des matériaux particuliers. On trouvera aussi des éléments précis dans ce contexte des liens entre les propriétés d'un outil de production et les propriétés des produits : on ne peut pas facilement produire en même temps avec une qualité très élevée et des coûts très bas. Il faut réaliser des arbitrages, qui portent à la fois sur les caractéristiques des outils de production et sur les qualités du produit, puis se traduisent en termes d'investissements ou de coûts d'opération.

Derniers éléments à préciser, les notions de coût marginal (le coût total de production associé à la n-ième unité produite) et de coût moyen (le coût total divisé par le nombre total de biens produits). La littérature scientifique (théorie néo-classique) a démontré depuis longtemps avec Marshall (1890) que la fonction d'offre correspond à la partie de la courbe de coût marginal qui est située au-dessus de son intersection avec la courbe de coût moyen.

Encadré 9 – Coût moyen, coût marginal, effet de série, et dualité : l'acquisition des C-135FR

Une illustration traditionnelle de cette démarche se trouve dans l'acquisition des avions ravitailleurs en vol français dans les années 1960.

La France n'a pas acheté les 11 exemplaires de C-135FR à Boeing mais à l'US Air Force, qui a vu sa ressources budgétaire réduite par le Congrès en loi de finance rectificative dans le cadre des relations très compliquées qui ont opposé le Pentagone et le Congrès pendant la guerre du Vietnam. L'USAF s'est donc retrouvée dans la situation de devoir réceptionner et payer une commande ferme non révisable qui comprenait 11 avions de plus que ses moyens ne le lui permettaient en exécution budgétaire.¹

¹ A noter que cette situation ressemble fort à la démarche déjà annoncée par l'Allemagne dans le cadre du programme A400M. Des rumeurs insistantes indiquent que la France fera de même pour 11 à 13 avions.

Suite à une négociation directe entre les deux armées de l'air, la France a acheté la version américaine du ravitailleur qu'elle a modifié à la marge pour adapter le débit et la pression des pompes de transfert de carburant aux flux que pouvait absorber à l'époque le Mirage IVA.

Ces avions ont été achetés neufs au coût marginal (budgétaire) du 636^{ème} avion de série produit par Boeing pour l'USAF dans la version KC-135A. Les 11 appareils dont l'USAF ne pouvait plus financer l'acquisition ont été cédés à la France non pas en référence au coût économique du programme ou au prix du marché, mais pour combler la différence entre le montant facturé par Boeing à l'USAF et la masse budgétaire disponible en exécution de la loi de finance rectificative (donc un coût budgétaire).

Au niveau de Boeing, l'effet de série destiné à calculer le point mort du programme (c'est-à-dire le point d'équilibre à partir duquel le programme « gagne de l'argent » après avoir payé les coûts fixes) se basait sur les 820 unités de la commande de base de *Stratotankers* prise à la suite du célèbre programme de démonstrateur de technologie « Dash 80 » [Boeing 367-80] qui a également servi de base au Boeing 707.

On se trouve ici dans un cas parfait de dualité tirée par le militaire, avec les coûts de développement du « Dash 80 » couverts très largement par le DoD pour le programme de *Stratotanker*, puis « amorti » à la fois sur la vente de 820 exemplaires de C-135, de 68 exemplaires de E-3 Sentry Awacs, et de près de 1100 exemplaires de B707 (sans compter toutes leurs variantes).

Dans toute l'histoire de l'aviation (militaire ou civile), il y a peu de programmes de démonstrateurs qui se traduisent par des programmes d'acquisition aussi bien cadrés du point de vue économique. Il ne fait aucun doute que les ravitailleurs en vol n'auraient pas été acquis à si bon compte si la France n'avait été placée dans la situation de « dépanner » l'USAF d'un revirement budgétaire, et si elle avait dû négocier avec Boeing un contrat d'acquisition plus traditionnel.

Compte tenu que le programme « Dash-80 » avait levé tous les risques de maturation technologique, et que les spécifications de l'avion avaient été stabilisées depuis longtemps, l'acquisition de 11 appareils à partir du 636^{ème} avion produit de série se situe largement au-delà du point mort du programme. Le prix marginal associé à chacun des avions était alors très proche de son coût marginal de fabrication.

Source : *Entretiens avec IGA Gonin (Officier programme Mirage IVP) –
Témoignage d'histoire orale de l'IGA Forestier (Officier programme Mirage IVA)
conservé au SHAA, Service historique de l'Armée de l'air*

La réalité de la vie économique ne permet pas souvent de réaliser des calculs précis à partir de courbes de coûts toutes faites, mais les éléments de coûts marginal et moyen (dans leurs dimensions de coûts fixe, variable proportionnel et variable non proportionnel) servent à introduire des éléments de référence qui sont confrontés aux seuils de prix que peuvent éventuellement accepter des payer des clients / usagers.

L'analyse de la fonction de coûts dépend directement des capacités et des compétences-clés qui lui sont sous-jacentes. La fonction de coûts n'identifie que les flux monétaires (ou comptables) qui matérialisent les réalités physiques liées à la nature des compétences ou des technologies utilisées pour la production (ou pour le développement). Tout industriel calibre de façon précise le niveau de ses coûts par rapport aux prix praticables sur le marché, de sorte à rémunérer ses facteurs de production et à dégager des marges. Si les compétences et technologies sont décalées par rapport aux caractéristiques des produits dont le marché a besoin, alors les coûts associés seront décalés par rapport aux attentes du client en matière de prix. Le prix doit forcément refléter une rémunération de l'ensemble des coûts liés à la fonction de production en prenant en compte une part des coûts fixes et l'ensemble des coûts variables.

Dans le cas de la fonction de production d'une entreprise industrielle, la structure de la fonction de coûts est le plus souvent dictée par la taille de coûts fixes liés aux investissements. Le deuxième point, dans l'ordre d'importance, concerne en règle générale les charges de personnels (une chaîne de production servie par des ouvriers spécialisés du secteur automobile ne coûte pas autant qu'une chaîne de l'aéronautique ou du spatial servie par des ouvriers hautement qualifiés, avec des taux d'encadrement par des ingénieurs totalement différents).

Dans le cas de la fonction de production d'une entreprise de services, les coûts fixes sont relativement faibles et les coûts variables proportionnels sont largement dimensionnés par les charges de personnels. Si on revient aux vieux critères d'analyse des fonctions de production ou de l'économie industrielle, on peut alors caractériser que les entreprises de services sont « labor intensive » alors que les entreprises industrielles sont « capital intensive ». Les coûts variables seront structurés alors par les charges de personnels, et en conséquence par la structure des compétences.

Dans ce contexte, il faut toutefois prêter une grande attention aux structures et aux processus de travail : les outils de développement informatique utilisés dans les SSII représentent souvent des éléments qui les font souvent plus ressembler aux entreprises industrielles. Certaines activités des SSII sont proprement des « services », par exemple la maintenance ou l'installation de solutions logicielles standardisées. En revanche, les développements de logiciels informatiques ou de systèmes informatiques (y compris la mise en place de solutions informatiques intégrées) sont très proches des comportements économiques (et comptables) des investissements et ne peuvent donc pas être appréciés en tant que « services » dans les fonctions de coûts.

6.2.3. Séries longues vs. Séries multi-unitaires

La première caractéristique des programmes d'armement porte sur l'absence d'effets de série comparables à ce qui existe dans les marchés civils et commerciaux tournés vers le grand public. C'est tout le problème décrit par DCNS au moment de passer de la conception et de la production de prototypes à des séries longues.

Quand un industriel fabrique des tableaux de bord ou des systèmes de pilotage informatisés dans le secteur automobile, il en produit des milliers, voire des millions. Pour ne citer qu'un exemple caricatural, BMW fait état de ventes semestrielles de l'ordre de 800 000 véhicules pour le premier semestre 2013, avec des volumes de l'ordre de 78 000 pour des véhicules de niche comme le X3, ou de 52 000 pour le X5. A titre de comparaison, le programme Rafale s'oriente vers un total de 225 avions livrés pour les armées françaises (versions B/C/M) et seulement 121 avions avaient été livrés en septembre 2013 (38 Rafale Marine, 39 Rafale B biplace, et 44 Rafale C pour monoplace) pour un rythme de fabrication de 10 avions par an environ. Quand on raisonne sur les prospections d'exportation pour le Rafale, on imagine des volumes de 126 avions pour le contrat éventuel avec l'Inde (dont une grande partie assemblés sur place), 36 avec le Qatar (mais l'enveloppe pourrait doubler pour atteindre 72 avions) et 60 avions avec les Emirats Arabes Unis. En cas de succès des contrats exports, en outre, la France prendra acte de la préservation de la chaîne de production pour étaler son échéancier de livraison et réduire ses engagements budgétaires avec Dassault, ce qui signifie de façon automatique que le rythme de production risque de ne pas augmenter beaucoup. Quand les responsables de la business unit en charge de l'avionique militaire chez THALES décrivent leur activité, ils parlent « d'artisanat ». Quand DCNS décrit son activité autour des sous-marins (SNA ou SNLE), l'activité n'est pas présentée comme celle « d'une société industrielle au sens classique », mais « d'une société de conception de prototypes ».

On se trouve donc confronté à une situation très simple à caractériser : la notion d'effet de série ne s'applique pas aux équipements de Défense, en dehors de quelques cas rarissimes qui forment des exceptions (par exemple une commande de plusieurs milliers de postes radio portatifs). Quand on va raisonner sur des radars pour la Défense aérienne, ou pour les équipements des sous-marins nucléaires (même s'il s'agit d'équipements communs aux SNA et SNLE), la production totale s'élèvera à quelques unités. La production se limite toujours au mieux à des « petites séries ». Quel que soit le volume de production, il est rarissime que le calcul économique associé à un « point mort » puisse prendre forme. La situation usuelle des business models liés à la Défense prend donc une forme simple où une grande partie des infrastructures et la quasi-totalité des activités de R&D prend la forme d'un investissement net.

Quand on travaille pour des équipements de Défense, l'essentiel des activités se déroule donc selon un mode de production industriel focalisé une production totale multi-unitaire, et / ou sur des rythmes de production très faibles.

Dans ce contexte, la conséquence en matière de business model est très simple : l'amortissement des coûts fixes sur les séries de matériel produites est quasiment impossible.

La situation la plus fréquente conduit à faire payer la R&D comme un coût irrécouvrable (*sunk cost*) au premier client qui a besoin de la compétence. Parfois, les industriels peuvent honorer cet investissement sur fonds propres sous la forme d'une construction de compétences ou d'une préservation de capacités dynamiques. Dans d'autres cas, la négociation du contrat prend la forme d'une série d'expédients qui

introduisent un partage des coûts entre l'industriel et le client étatique, jusqu'à prendre la forme d'avances remboursables en faveur de la préparation des contrats à l'exportation.

6.2.4. Coûts récurrents vs. Coûts non-récurrents ; Cash flow

La prise en compte des caractéristiques précédentes au niveau des séries produits conduit à identifier que la partie la plus importante des coûts liés à un programme de Défense porte sur les coûts fixes (par ex. la R&D) ou des coûts non-récurrents (par ex. les infrastructures et les outils de production).

Dans le cadre de la fabrication des matériels eux-mêmes, tous les coûts variables (proportionnels et non-proportionnels) existent de façon explicite, mais ils ne représentent pas une très grande proportion du total des coûts par rapport au total du budget d'acquisition du programme. On va caractériser ces coûts comme des coûts non récurrents, qui vont pour l'essentiel recouvrir des coûts variables proportionnels liés par exemple aux personnels et aux approvisionnements (on parlera de consommations intermédiaires on comptabilité publique ou en macro-économie). Dans ce contexte, si les matériels à fabriquer sont fortement intensifs en technologie de pointe et en composants « chers », alors la part proprement dévolue à la valeur ajoutée² de l'industriel risque de se réduire fortement, sauf s'il est lui-même le producteur de certains de ces composants.

La situation liée aux programmes d'armement est donc simple à caractériser : les coûts non-récurrents représentent la majeure partie du coût du programme, et les coûts récurrents une portion congrue. C'est un des éléments majeurs qui explique la difficulté à atteindre le point mort dans le cadre d'un programme, a fortiori si les dépenses de R&D ne sont pas prises en compte par un client.

Dans le secteur civil marchand, en revanche, l'élaboration des business models repose sur la nécessité d'amortir l'ensemble des coûts fixes, ou des coûts non-récurrents, sur les marges bénéficiaires marginales générées dans la vente des biens et des services.

Si on veut comprendre le mécanisme du business model sur un marché civil, il faut revenir aux bases de la dynamique de l'adoption de la technologie (Rogers, 1962-2012). Les études statistiques ont permis d'identifier que les « clients » de la technologie se répartissent toujours en plusieurs catégories : des usagers innovants (environ 2 à 3% du total des usagers de la technologie), des usagers que l'on désigne comme « early adopters » (environ 14% du total des usagers), puis la majorité des usagers qui succombe à un effet d'appel ou à un effet de mode (environ 33% du total des usagers), puis une seconde majorité qui accepte d'utiliser les services quand la société a créé un effet d'entraînement (à nouveau environ 33% du total des usagers), puis les « trainards » (« laggards » dans la littérature anglo-saxonne, environ 17% des usagers) qui ne se résolvent à utiliser la technologie que lorsqu'elle est déjà presque remplacée.

Si l'on figure ces éléments sur une courbe cumulative de l'adoption de la technologie, alors on obtient une forme en « S » tout à fait classique avec l'émergence de la technologie jusqu'au premier point d'inversion, puis la phase de croissance jusqu'au second point d'inversion qui marque la phase de « maturité ». En réalité, les recommandations du management de la technologie introduisent que la technologie de la génération n+1 devra apparaître (dans sa phase d'émergence) « quelque part » pendant la zone de croissance et, dans tous les cas, bien avant d'arriver au second point d'inversion.

Cette situation caractérise évidemment les marchés des produits technologiques « grand public » sur des marchés matures (par exemple pour la diffusion des dernières modèles de smartphone « premium ») ou sur des marchés émergents (par exemple l'adoption des premiers « Mac » dans les années 1980).

Elle concerne aussi les dynamique de diffusion de la technologie dans le secteur aéronautique civil par exemple, ce qui représente alors un cas assez contre-intuitif.

On constate que les compagnies aériennes se comportent de façon systématique comme des « late adopters » en matière de technologie avionique, parce qu'elles tentent toujours d'aller au bout de l'amortissement d'une technologie avant d'investir dans des équipements nouveaux à bord des avions. La variété des équipements nécessaires à bord des avions commerciaux varie en fonction des différentes routes qui seront parcourues, des contraintes d'insertion dans la circulation aérienne et des types de clientèles visées pour chacune des classes (éco, éco+, business et first). On retrouve une grande variété de décisions et une forte hétérogénéité de profils qui portent à la fois sur les stratégies générales des

² En termes comptables, la valeur ajoutée représente la différence entre le chiffre d'affaires et les consommations intermédiaires ou les approvisionnements.

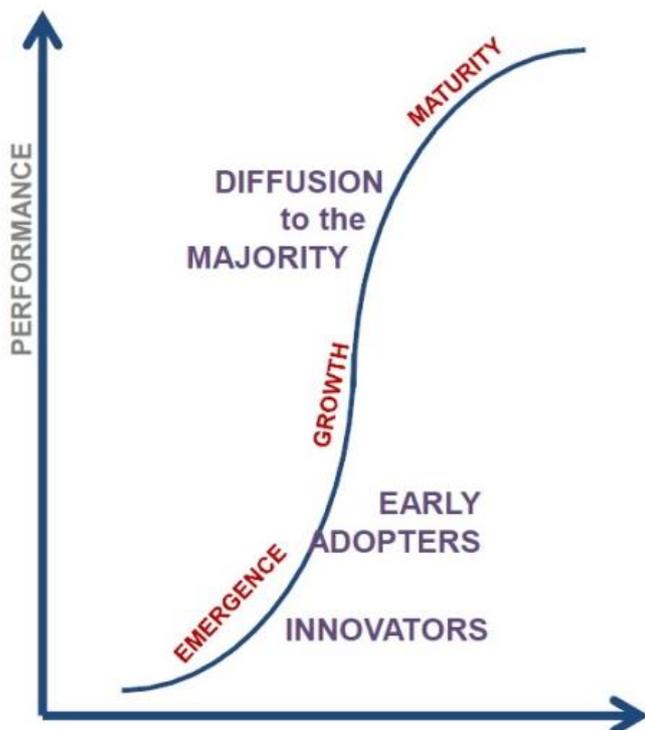
compagnies aériennes elles-mêmes, et sur les équipements qu'elles vont choisir pour chaque route afin d'adapter au mieux les investissements aux attentes des consommateurs et aux enjeux de la concurrence.

La caricature de cette situation peut être trouvée ici dans les choix de chaque compagnie aérienne pour les équipements en technologie IFE&C (In-Flight Entertainment & Connectivity) qui représente un enjeu majeur de la concurrence entre airlines pour satisfaire aux attentes des passagers à travers le nouvel usage des outils type « tablette » pour gérer l'expérience de la vidéo ou de la musique à la demande (VOD) et des attentes des passagers en termes de connectivité GSM ou WiFi à bord. On sait aujourd'hui que ce type d'équipement fait partie des options « nice to have » pour la classe économie (où la décision du passager est toujours dictée par le prix), alors que la connectivité fait partie des éléments discriminants de choix pour attirer les passagers des classes business et first, qui représentent précisément les cibles de clientèle qui permettent à une airline de générer un EBE positif sur l'exploitation d'une ligne aérienne. En fait, pour le passager de classé éco, la connectivité est un bien supérieur (élasticité revenu de la demande supérieure à 1, ce qui signifie que la part de ce type de consommation dans le revenu disponible augmente quand le revenu augmente), alors que pour le passager de classe business ou first, la connectivité est un bien normal (élasticité revenu de la demande comprise entre 0 et 1, ce qui signifie que cette consommation est très peu sensible au prix et que ce service est compris comme un bien « nécessaire »).

Tout l'art de la connaissance d'un segment de marché, et d'une base de clientèle, consiste à savoir distiller les innovations et les technologies dans les produits d'une génération à l'autre de produits pour mettre sur le marché des produits sur le bon rythme, à la fois par rapport à la capacité d'acquisition des clients et au séquences de mise sur le marché par les concurrents (directs quand il s'agit du même segment de services et de technologie, et indirects quand il s'agit de services similaires portés par des technologies tout à fait différentes).

D'une génération à l'autre, l'amélioration de la performance apportée par la technologie peut reposer sur une amélioration des capacités techniques, ou de la fiabilité, ou de la structure de coûts (pour l'utilisateur) ou de l'adoption. Sur le segment des téléphones portables de type smartphone, par exemple, on constate que chacun des constructeurs axe ses améliorations sur des axes différents. En revanche, les nouveaux modèles « premium » se succèdent sur un rythme annuel, avec des innovations technologiques véritables qui arrivent environ tous les 24 à 30 mois environ (sous forme d'innovation incrémentales en ce moment).

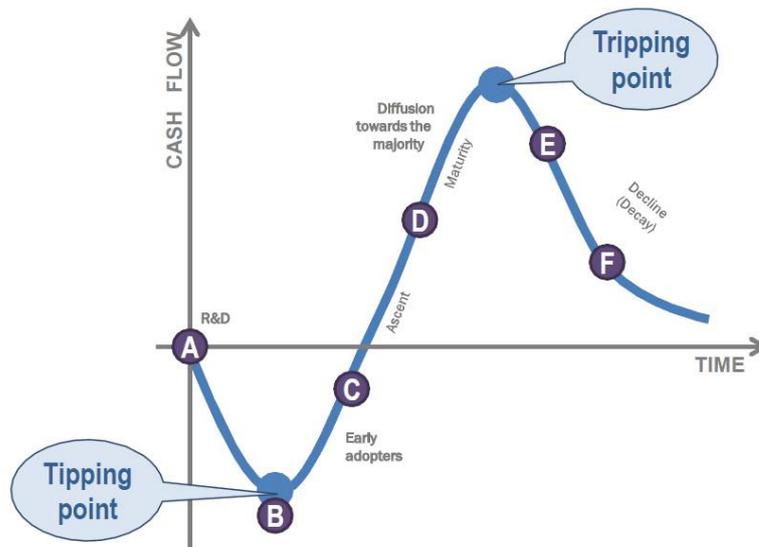
Figure 10 – Courbe en « S » décrivant l’adoption de la technologie



En termes de coût d’accès à la technologie, les usagers innovants et les « early adopters » acceptent de payer un prix élevé pour le service et la technologie en même temps qu’ils acceptent un risque opérationnel élevé. Le coût reste élevé pour les tenants de la majorité qui adopte la technologie dès qu’elle est dé-risquée, à la fois à cause de l’effet de mode ou de la nouveauté du service. Les coûts baissent très nettement avec la seconde majorité puis, enfin, les « trainards » bénéficient de tarifs très faibles puisque les produits qui portent la technologie sont les fins de série. Si on introduit un lien avec la taille du marché associé à la diffusion de la technologie, les « innovateurs » et les « early adopters » se situent dans la phase d’émergence. La « première » majorité correspond à la phase de croissance du marché de la technologie. La « deuxième » majorité caractérise la phase de maturité. Les « trainards », en revanche, se situent le plus souvent au-delà de la zone de maturité et permettent simplement d’écouler les stocks résiduels à bon compte à la condition de ne pas occasionner de coûts opérationnels trop élevés.

Pour entrer dans l’analyse du business model, il faut maintenant introduire les flux financiers liés aux dépenses (coûts récurrents et non-récurrents) et aux recettes (vente des produits et services liés à la technologie). Le graphique infra permet de faire le lien avec la courbe en « S » présentée plus haut.

Figure 11 – Cash flow lié au cycle de vie de la technologie civile en fonction du temps



Entre les points A et B, l'industrie ne réalise que des investissements en R&D. Le cash flow est donc négatif. Le cycle de vie de la technologie connaît un point de retournement (« tipping point ») en B, qui permet de se rapprocher des usagers « innovateurs » et « early adopters ». La littérature scientifique les caractérise souvent comme des « lead-users » quand ils contribuent au processus d'innovation par des retours d'expérience ou par des contributions à l'élaboration de la technologie. Dans le voisinage du point C, le cycle de vie de la technologie entre dans une phase où les produits et services atteignent une phase de risque assez faible pour cibler la « première » majorité des usagers dont il a été question plus haut. Cela permet de générer assez de revenus pour commencer à s'approcher du « point mort », qui sera atteint quelque part entre les points C et D.

Si on analyse donc la situation d'un marché civil standard, on répartit donc les activités entre un investissement, qui couvre les flux de cash flow entre les points A et B, et un retour sur investissement, qui se met progressivement en place entre les points B et E. A partir du point E, sur le graphe, on entre dans la zone que le cycle de vie des produits désigne comme un « poids mort », c'est-à-dire un produit qui coûte des ressources qui pourraient être plus utilement utilisées ailleurs. Entre E et F, le produit sert tout de même à fidéliser une clientèle. Après le point F, même cet aspect n'est plus pertinent et le coût du soutien de ce produit est supérieur à ce que le produit rapporte. Dans ce cadre, l'analyse des coûts va associer la majeure partie des coûts non-récurrents à la zone de la courbe qui va de A à C, puis les coûts récurrents vont prévaloir dans la zone qui va de C jusqu'à la fin, au-delà de F. Cela permet de comprendre pourquoi les coûts non-récurrents peuvent être facilement « amortis » sur la base d'un chiffre d'affaires civil.

Il reste virtuellement impossible de tracer une courbe générique pour les programmes d'armement qui pourrait servir de miroir au flux de trésorerie associés au cycle de vie de la technologie pour les marchés civils.

En revanche, on peut donner quelques éléments de comparaison.

En matière de Défense, il n'y a pas de différence entre les early adopters et les autres usagers. Il reste tout à fait logique d'identifier des « lead users » (Mérimondol, 2009 ; 2014) qui permettent de faciliter le développement de la technologie et d'identifier les modes de travail les plus pertinents pour remplir une mission, mais la courbe d'adoption de la technologie qui existe pour le monde civil est remplacée par les programmes de formation continue qui concernent les personnels militaires. De toute façon, s'agissant ici d'un avantage concurrentiel face à des adversaires pour des opérations militaires réelles, chaque militaire est motivé pour se mettre au niveau des nouveaux outils de travail qui lui sont proposés. La courbe d'adoption de la technologie est donc rythmée par une courbe en « S » où chacun est volontaire, et attend d'entrer dans le programme de « maintien en condition des personnels » prévu.

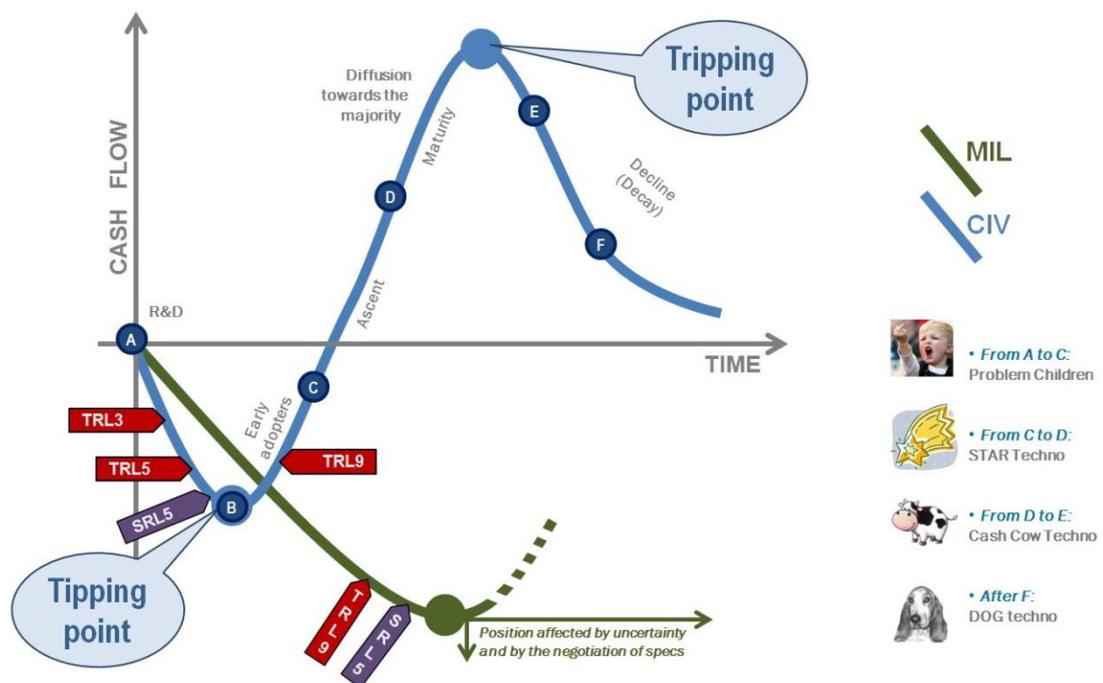
La différence majeure identifiée ici avec les coûts non-récurrents est très sensible sur le graphe supra. Le point B qui qualifierait la Défense se placerait, sur le graphique, nettement plus bas que le point B

« civil » pour deux raisons : d’une part les générations de matériel s’enchaînent de façons différentes et, d’autre part, les investissements associés à chaque saut de technologie sont plus conséquents.

Autre différence importante, l’allure de la courbe qui présente le cash flow. Selon la longueur de la série produite, la courbe qui tiendra compte de la seule production de matériel visant le marché de la Défense va s’arrêter autour du point C. Dans certains cas, avec des séries longues pour certains matériels (par exemples les radios portables) ou avec des programmes export qui ont connu un succès très particulier (par exemple l’exportation du Mirage III), on peut avancer sur la courbe vers un point qui dépasse le point mort (et donc qui atteint l’axe des abscisses) ou qui avance sur la courbe vers le point D. Mais, du seul point de vue des ventes liées à un marché Défense, la norme est ensuite d’entrer dans la fin de la courbe qui est représentée ici à partir du second point de retournement. On entre dans la zone où le maintien en conditions pour les matériels et les technologies est requis, mais où elles représentent des poids morts qui occasionnent des coûts et des surcoûts (par exemple quand il faut inter-opérer des technologies de générations très différentes).

Ces éléments sont présentés sur la tentative de représentation infra.

Figure 12 – Comparaison Civil-Militaire des cash flows liés au cycle de vie de la technologie



Dans ce contexte, sur un marché militaire, une hypothèse très optimiste consisterait à tenter d’introduire une deuxième piste décrivant des flux de trésorerie supplémentaires au titre de la dualité. Cette piste serait complémentaire et non pas alternative. Elle permettrait de reprendre éventuellement le schéma décrit dans la figure supra au titre des marchés civils comme une voie éventuelle traduisant la réutilisation des innovations de la Défense dans le cadre des marchés civils. Cette option reflète surtout une vision uniquement linéaire de l’innovation et des flux de trésorerie qui peuvent l’accompagner. Elle se focalise de façon angélique sur les flux de revenus sans imaginer les contraintes de coût. Les témoignages recueillis à ce stade sur les coûts d’adaptation de la technologie pour passer d’un marché militaire à un marché civil montrent que s’il fallait installer une seconde courbe pour figurer la logique de dualité sur ce genre de graphique, la courbe n’aurait pas pour origine les points B ou C, mais quelque chose entre les points A et B qui figurerait le passage du TRL 4 ou 5.

Pour résumer les points majeurs de l’analyse des coûts, le marché d’armement se caractérise par des **coûts non-récurrents qui bloquent le plus souvent la possibilité d’émergence d’un point mort dans le cycle de vie de la technologie**. Le monde civil est caractérisé par la situation exactement inverse : les coûts récurrents prévalent dans la logique de production des biens et des services, et le volume total

associé à l'effet de série dure assez longtemps pour générer une situation déjà assez favorable pour financer les investissements requis par la génération suivante de technologie.

Argument complémentaire, la mise en place d'une logique de dualité ne conduit pas à installer une forme de dérivation ou de seconde courbe de flux de trésorerie complémentaires à partir de B (premier point de retournement) ou de C (point qui marque la diffusion d'une technologie dé-risquée vers le plus grand nombre), mais comme un second chantier d'investissement en technologie qui conduirait à introduire des investissements spécifiques. Cela se traduirait donc par une seconde courbe sur le graphique émergeant de la précédente entre A et B, avec un point B' dont rien ne garantit la position relative par rapport à B.

6.2.5. Gestion du temps et de l'incertitude dans les programmes d'armement

La gestion des contraintes de temps et de l'incertitude ne sont pas identiques dans les programmes d'armement et dans les programmes civils.

6.2.5.1. Durée de vie des programmes

Le premier constat concerne la durée de vie des programmes, qui est généralement inscrite dans le temps très long pour les programmes d'armement comme on le rencontre aussi pour certains programmes civils d'infrastructures de transport ou d'énergie. La situation est directement héritée de l'appréciation de la durée de vie des plateformes majeures comme les porte-avions, les sous-marins, les blindés ou les avions d'armes. En dehors des centrales nucléaires pour la production d'énergie électrique, le marché civil rencontre très peu de programmes qui ont une durée de vie qui s'étend sur plus de cinquante ans, alors que c'est la norme pour n'importe quel programme de porte-avions par exemple.

La situation doit toutefois être modulée : la plate-forme elle-même est figée pendant un temps très long, mais les équipements qu'elle contient sont remis à jour régulièrement pendant toute la durée de vie opérationnelle. C'est aussi une divergence majeure par rapport aux programmes civils. On ne prévoit jamais une mise à jour des systèmes de pilotage ou du moteur pour les voitures civiles, alors que c'est la norme pour les programmes militaires. La comparaison entre programmes civils et programmes d'armement conduit donc à découpler la durée de vie d'un matériel des exigences fonctionnelles qui le caractérisent dans le cas militaire, alors que ce couplage reste la norme dans le cadre civil.

6.2.5.2. Prise en compte de l'incertitude liée à la R&T

Le deuxième constat renvoie à l'incertitude qui prévaut sur les marchés d'armement. Sur un marché civil, la relation entre le client et le fournisseur s'établit de façon simple à travers un contrat qui engage le client à un volume d'achat fixe pour des montants facturables identifiés. Dans le cadre des programmes d'armement, la commande publique s'établit dans le cadre de la disponibilité des moyens budgétaires et des priorités de la politique publique. Les contraintes budgétaires pèsent ensuite de façon très lourde sur la mise en œuvre des programmes. Même dans le cadre d'un contrat signé, les conditions économiques de sa réalisation sont souvent remises en cause pendant l'exécution du contrat : renégociation des volumes produits, des échéanciers de fabrication et de livraison, des échéanciers de paiement, étalement des livraisons, révision de l'enveloppe totale de l'activité, annulation de commandes, etc.

Tous ces éléments introduisent des niveaux d'incertitude qui conduisent à fragiliser les business models des entreprises, à la fois au niveau des intégrateurs, des grands équipementiers et de la chaîne de sous-traitance. Comme il a déjà été indiqué, un business model analyse la soutenabilité économique d'un projet et d'une stratégie. Cela conduit donc, par exemple, à analyser la pertinence d'un programme par rapport à la présence et à la nature du retour sur investissement. L'incertitude qui prévaut sur les programmes d'armement conduit à prendre des décisions sans totalement cerner à l'avance l'échéancier temporel du retour sur investissement, et le volume des flux de trésorerie qui lui correspondent. Dans les marchés civils, il va de la responsabilité et de la compétence de l'industriel d'anticiper de façon convenable son marché et son impact sur un client. Dans les marchés d'armement, l'incertitude porte à la fois sur le cadre d'exécution du marché administré (stabilité des règles de la commande publique) et sur la stabilité de l'engagement pris dans le cadre d'une commande publique.

Ces éléments ne sont pas nouveaux. Ils sont présents dans l'analyse économique depuis aussi longtemps que l'analyse économique a pris pour objet les marchés de Défense (Hartley, 1991 ; Hartley & Sandler, 1995).

En pratique, si l'on se place du point de vue de l'industriel, et si l'on tente en particulier de cerner les contraintes qui pèsent sur un business model, la situation devient simple à résumer : calculer un retour sur investissement réaliste reste presque toujours une gageure. Dans le concret de la prise de décision, aucune des variables n'est quantifiable. Ni les flux de chiffre d'affaires, ni les calendriers qui leur correspondent, ni les spécifications techniques. Vu que le raisonnement se déroule sur des marchés administrés, la notion de prix économique ne s'applique pas ; la négociation porte sur des enveloppes budgétaires. La seule chose qui semble à peu près facile à identifier concerne l'enveloppe des coûts du programme, si l'on fait abstraction des risques spécifiques à des projets où la R&T reste prédominante.

Au final, l'incertitude est telle que le fait de travailler pour les programmes d'armement représente une véritable spécificité. De façon générale, qu'il s'agisse de commande de nature civile ou militaire, le fait de travailler dans le cadre du Code des marchés publics représente déjà un choix stratégique pour l'entreprise, choix qui implique une compétence et une organisation spécifiques pour mettre en œuvre des mécanismes tout à fait particuliers. Dans le cadre des marchés publics d'armement, on note une autre étape de spécialisation liée de façon précise à l'incertitude de ce genre de contrat. Cette incertitude est quelque peu lissée par les intégrateurs vers les acteurs de la chaîne de sous-traitance quand elle n'est pas en situation de paiement direct, mais elle porte en plein sur les grands systémiers et sur les intégrateurs.

Les éléments suivants sont des corollaires directs de l'argument sur l'incertitude liée à la R&T.

La vie des programmes est rythmée par des exigences en matière de R&T qui traduisent la volonté de rechercher des ruptures en vue de la supériorité opérationnelle pour le combattant. Le plus souvent, les programmes d'armement vont incorporer une part de R&T qui induit une forte incertitude et, par conséquence, des décisions spécifiques. L'expression du besoin par les militaires portera sur des spécifications fonctionnelles qui projettent le programme dans la prospective d'une confrontation sur le terrain : on ne spécifie pas seulement des fonctions précises, mais des capacités qui tentent de se projeter dans la confrontation opérationnelle avec des ennemis potentiels. La comparaison avec des marchés civils est possible dans la mesure où toute entreprise investit pour se positionner dans le paysage de sa concurrence sur des marchés directs ou adjacents. En revanche, sa gestion de l'incertitude porte sur des stratégies d'innovation qui prennent en compte ce que l'utilisateur final sait financer à travers un prix économique, ou adopter dans son propre comportement. La rupture entre la gestion de l'incertitude par les acteurs des programmes civils et des programmes militaires se traduit alors de façon simple : les programmes civils sont rentabilisés sur la base de prix de marché, alors que les programmes d'armement sont remboursés sur la base de prix budgétaires.

Dans une certaine mesure, introduire une logique de dualité dans le raisonnement permet de prendre acte de la capacité de l'industrie à tirer parti de la dualité dans son business model pour justifier d'une baisse des transferts de l'Etat pour financer ses propres besoins. Au-delà de toute question sur la légitimité de ce raisonnement, il importe tout de même de constater un fait assez particulier. Transférer une partie de la R&T des financements spécifiques des programmes militaires vers une revendication d'activité duale entraîne, au passage, de transformer un prix budgétaire en prix économique. Sans changer le fait pourtant majeur que les activités de R&T associées aux programmes militaires ne sont pas du même ordre que celles qui sont prises en compte dans les programmes civils. C'est donc un raccourci hasardeux, dont l'impact en matière de business model est mal mesuré alors qu'il suppose que toutes les activités liées au calcul des retours sur investissement sont devenues calculables, alors qu'elles ne le sont pas. Pour ce genre de calculs, manquent au minimum des éléments d'appréciation du risque technologique et du potentiel de valorisation de la technologie sur des marchés adjacents (« *related markets* ») ou sur des clients adjacents (« *related clients* »). Tant que la technologie n'est pas totalement « dé-risquée », ce genre de calcul relève plus de l'astrologie que du calcul économique. Ce qui conduit à trois constats :

- il ne faut être surpris que les activités de R&T mises en place par une entreprise privée soient seulement celles que la logique économique peut assumer dans une perspective de risque au niveau d'un business model calculable si les prix et la logique économique prévalent ;
- il faut accepter que seuls des mécanismes budgétaires peuvent assumer le genre de risque systémique qu'entraîne la R&T quand elle se cale sur des activités de rupture, ou sur des programmes liés à une incertitude (et non pas à un risque, qui est par nature calculable) ;
- la prise en compte de cette différence suppose de mettre en place des mécanismes contractuels adaptés issus du Code des marchés publics : certains types de contrats (par exemple les marchés à prix fixe qui couvrent à la fois la R&T et la production avec obligation de résultat et de délai) sont cohérents avec des prix économiques mais ne permettent pas de prendre en compte des programmes où la technologie n'est pas entièrement « dé-risquée » ; d'autres en revanche sont

très bien adaptés à des activités qui visent la mise en place de R&D réellement « breakthrough ». Il convient donc de prendre en compte une répartition des dispositifs du Code des marchés publics pour associer les prix économiques et budgétaires à des types de contrats et de marchés qui peuvent les prendre en compte de façons spécifiques.

Autre corollaire, l'analyse de la prise en compte de la dualité dans les entreprises ne peut pas faire l'économie de ce raisonnement qui remet partiellement en cause les arguments traditionnels sur la complémentarité des cycles d'affaires entre marchés civils et militaires. C'était un argument traditionnel mentionné depuis longtemps pour justifier la pertinence de travailler en même temps sur les marchés civils et les marchés d'armement : les cycles de trésorerie et de chiffres d'affaires étant complémentaires, une entreprise qui travaillait pour les deux clients pouvait obtenir une forme de visibilité sur ses flux de trésorerie et sur son volume d'activités qui rendait économiquement viable une spécialisation dans un métier particulier. A tout le moins, cette démarche permettait de sortir d'une série de vulnérabilités liées à la dépendance à une seule source de financement. L'argument valait alors presque de la même façon pour tous les acteurs : le jeu des avances remboursables, des systèmes de paiement partiel à la commande et de contrats spécifiques de R&D permettaient de gérer des contraintes économiques impossibles à prendre en compte dans le cadre des marchés commerciaux usuels avec paiement sur facture à la livraison. Qu'il s'agisse de grands groupes industriels ou de PME, le discours reste en partie le même aujourd'hui : des cycles de trésorerie complémentaires contribuent largement à la soutenabilité d'une stratégie d'entreprise. La commande militaire introduisait un socle de volume d'affaires permettant de diversifier les risques en travaillant pour des clients différents. L'incertitude qui porte aujourd'hui sur la commande publique remet en cause cette démarche tout en apportant de fortes réserves sur la solidité des stratégies d'entreprises qui y sont associées.

6.2.5.3. Comparaison avec les programmes de Sécurité

Le troisième constat permet de singulariser la réflexion sur la dualité entre les programmes d'armement et les activités liées à la Sécurité. Même si ces dernières ont pris de l'ampleur dans les années récentes et en particulier depuis la prise de consciences des risques liés aux diverses formes de terrorisme, les types de projets ne se ressemblent pas. En matière de Défense et d'armement en particulier, les programmes majeurs comportent toujours une très grande part de R&T pour permettre d'installer la supériorité opérationnelle sur le champ de bataille. Même dans le cas de grandes fonctions majeures, les projets de Sécurité sont encore portés des budgets publics qui n'ont pas de grands moyens d'acquisition. Le rapport entre prix et valeur d'usage (impact opérationnel ou impact social) ne s'établit pas encore sur les mêmes bases que dans la Défense, alors même que le statut de bien public (pur) est avéré pour les programmes de Sécurité au même titre que pour les programmes d'armement.

La gestion du temps et de l'incertitude pour les programmes de Sécurité va donc se situer dans une sorte de situation intermédiaire entre les programmes d'armement et les programmes civils, qui va traduire le fait que la réalité de la vie de ces programmes ne peut pas reposer sur une forte commande publique.

Cela sous-entend alors qu'une partie des activités de développement technologique sera financée par des mécanismes ad-hoc créés dans le contexte de dispositifs institutionnels complexes (par exemple la SESAR JU pour la partie R&T de la mise en place du Single European Sky pour le management du trafic aérien), ou de dispositifs dérivés des activités civiles (par exemple la prise en compte des enjeux de Sécurité dans le 7^{ème} PCRD). Cela signifie aussi que le reste de l'activité économique associée aux projets de Sécurité doit prendre sa place dans une stratégie portée de façon autonome par l'industrie, comme elle le fait pour les marchés civils. Cela entraîne donc que la soutenabilité des modèles d'affaires associés aux projets de Sécurité renvoie directement aux besoins exprimés par les acteurs majeurs civils concernés. A titre d'exemple, il ne fait aucun doute que la problématique de la cybersécurité fait partie des enjeux de la dualité au titre de la complémentarité entre aspects militaires et aspects de Sécurité, dans le double sens pour cette dernière de la mission de service public (bien public pur) et de la mission civile telle que vécue par toute entreprise qui doit protéger ses réseaux et infrastructures informatiques, ou ses données. A ce stade, c'est le secteur privé (banques par exemples) qui se révèle moteur pour les développements parce qu'il génère la demande solvable sur ce marché.

6.2.6. Découplage entre exigences fonctionnelles et exigences non fonctionnelles

Dans le secteur de l'armement, le cycle de l'innovation était de tous temps lié à la supériorité fonctionnelle sur le champ de bataille. Rien n'a changé aujourd'hui de ce point de vue. La réalité du management de l'innovation porte en revanche de plus en plus sur des aspects non technologiques, qui

renvoient aux aspects qui contribuent de façon indirecte à l'efficacité économique des business models. On touche alors ici à la différence entre spécificités fonctionnelles (les propriétés utiles à l'utilisateur final et qui font évoluer ou bien l'usage, ou bien la valeur de l'usage) et les spécificités non fonctionnelles (les propriétés seulement utiles à l'industriel dans le cadre du développement des générations de produits, de l'optimisation de ses process industriels, ou de l'amélioration de ses structures de coût). Ce rapport a déjà documenté que la prise en compte du potentiel de dualité porte à la fois sur les aspects fonctionnels et non fonctionnels.

L'analyse de la gestion du temps et la prise en compte de l'incertitude rendent manifeste un découplage entre marchés civils et marchés d'armement dans cette dimension.

Sans entrer ici dans les problèmes spécifiques à l'adoption de l'innovation ou de la technologie, qui supposent une analyse précise de la capacité à mettre en œuvre de nouvelles propriétés fonctionnelles ou à en avoir réellement besoin, il convient de souligner ici que l'industrie se trouve confrontée à deux cycles d'innovation qui sont de plus en plus découplés : un cycle en matière d'innovation fonctionnelle, et un autre en matière d'innovation non fonctionnelle. Il semble que les variables afférant à chaque cycle ne sont pas identiques et qu'elles ne les affectent pas de la même façon.

A titre d'illustration, on peut citer tout ce qui concerne la sûreté de fonctionnement (et donc la certification) et toute une série de problèmes liés à l'importance du software dans les programmes.

En matière de sûreté de fonctionnement, il n'y a aucun doute que les programmes civils et militaires ne sont pas faits pour être opérés dans les mêmes conditions et qu'ils ne visent pas les missions opérationnelles. En revanche, il apparaît assez clairement que la prise en compte de ces contraintes ne prend pas forme de façon identique. La « sécurité des vols », par exemple, prend à peu près la même forme dans les contextes civils et militaires : la réduction drastique du nombre d'accidents aériens procède de mesures tout à fait similaires en matière de préparation physique ou mentale, de procédures, et de cadrage des comportements individuels (sommeil, consommation d'alcool, etc). En matière de maintenance, la notion de « sûreté » de fonctionnement sera interprétée à l'identique entre métiers civils et militaires. En revanche, du point de vue de la certification par exemple, les éléments liés à la « sûreté » seront interprétés différemment parce que la logique liée aux armements conduira à opérer les matériels dans un environnement hostile et adversarial, alors que l'environnement civil sera par nature « amical » et coopératif. Cela sous-entend que certaines procédures forcément interdites dans le monde civil seront tout à fait autorisées dans le monde militaire. Cela signifie que la part dédiée à la « safety » dans le monde militaire ou de l'armement sera forcément réduite à un petit pourcentage de ce qui est utile (ou indispensable) dans le monde civil. *Cela amène enfin à identifier que la minimisation des risques opérationnels liée à la « safety » dans le monde civil conduit à lui accorder un statut d'exigence fonctionnelle, alors que dans le monde de l'armement la « safety » ne le revêt pas automatiquement.* Si on va jusqu'au bout de cette réflexion, cela conduit à identifier que la référence à la sûreté représente un coût normal de mise en place d'une activité ou d'un programme dans le monde civil, alors que ce n'est le cas dans le monde de l'armement que pour la petite partie qui fait partie des exigences fonctionnelles. Par exemple, dans le cas d'un programme d'avion de transport tactique comme l'A400M, on réduira la partie à certifier dans le cadre de la « safety » au cadre strict de l'insertion de cet avion dans la circulation aérienne civile. Le reste ne sera pas certifié. L'impact des exigences de certification sur le développement des autres fonctions pourra même occasionner des surcoûts. Deux exemples de ces surcoûts en lien direct avec la certification résultent du découplage des statuts fonctionnel / non fonctionnel qui caractérise la certification dans les environnements civils et militaires : certifier au titre du civil des éléments du monde militaire spécifique comme les éléments de soute d'un avion de transport tactique (même s'ils seraient indispensables à certifier dans le monde civil des avions de transport de fret) ou certifier l'informatique liée à la fusion de données de l'avionique de vol militaire en partant de codes déjà réalisés pour un avion civil, et de normes de travail de développement informatique utilisées pour un avion civil.

Autre illustration, la logique liée au développement logiciel dans les programmes d'armement. La littérature économique a déjà documenté que les générations différentes de matériel militaire introduisent des contraintes très lourdes de compatibilité entre modes de développement et entre langages, ce qui signifie que l'industrie de l'armement doit soutenir des compétences obsolètes au titre des marchés civils ou mettre en place des compétences nouvelles autour des langages et modes de développement open source pour permettre le dialoguer entre des générations différentes de logiciel (cf LeTexier et Versailles, 2011). Ces éléments représentent des exigences fonctionnelles que ne subissent pas les marchés civils. Dès que l'on tente de développer des systèmes complexes à la fois pour le secteur civil et militaire sur la base des mêmes composants, il reste possible de générer des synergies dans le hardware. Pour ce qui concerne le génie logiciel, en revanche, très vite, l'industrie se trouve confrontée à des exigences non-

fonctionnelles très différentes qu'il sera difficile de concilier. Pour être plus précis, il s'agit de faire la part des choses entre des exigences fonctionnelles pertinentes pour le marché civil, mais qui n'existent pas pour le marché de l'armement, et réciproquement. C'est le cas par exemple avec les questions liées à la certification des logiciels pour certaines activités civiles (management du trafic aérien ou sécurité des applications sur les transactions bancaires) et qui ne sont pas nécessaires pour les activités militaires équivalentes. Si on tente de reprendre une partie de ces codes, ou de fonder le développement des codes militaires sur un ensemble de tirés d'applications civiles, alors on peut très vite perdre le bénéfice d'une partie de la synergie à cause des contraintes non-fonctionnelles héritées au passage.

La prise en compte du potentiel de dualité entre matériels civils et militaires suppose de travailler en même temps non seulement sur les exigences fonctionnelles des programmes civils et militaires, mais aussi sur la compatibilité entre les exigences non-fonctionnelles qui leur sont relatives. Du point de vue des business models, le découplage entre exigences fonctionnelles et exigences non fonctionnelles introduit des interrogations légitimes sur les surcoûts qui ne sont causés que par la convergence entre programmes civil et militaire. Cela concerne ici à la fois les aspects liés aux échéances des programmes pour chacune des spécificités et les coûts induits par le fait de transformer de fait, et abusivement, des exigences non-fonctionnelles en exigences fonctionnelles à cause de la volonté de convergence. A tout le moins, ce genre de décision doit reposer sur une analyse coût-bénéfice réelle de la convergence entre ces deux types d'exigences.

6.2.7. Synthèse de la comparaison des *business models*

Pour faciliter la poursuite des activités de cette étude, nous proposons de récapituler les spécificités des business models associés aux programmes d'armement vs. civils dans le tableau suivant.

La singularité des programmes de Sécurité sera ajoutée dans une phase ultérieure de l'étude.

Table 6 – Synthèse de la comparaison des *business models* : marchés civils vs. programmes d'armement

Éléments de comparaison	Marchés civils	Programmes d'armement
Gestion de l'incertitude	L'innovation conduit à dé-risquer toutes les innovations et toutes les technologies avant d'adresser un marché civil ou des clients	L'innovation vise une supériorité opérationnelle qui passe très souvent par des ruptures – et donc une incertitude radicale présente dans les programmes.
Effets de série	Séries longues sur les marchés commerciaux grand public	« Artisanat » ou séries « multi-unitaires »
Point mort	La série longue permet de rentabiliser tous les coûts fixes et de financer les nouveaux projets. La technologie de génération n+1 arrive quand le point mort de la génération n est dépassé.	Le nombre d'unités produites dans la phase de production ne permet presque jamais d'atteindre le point mort. Le financenment budgétaire de la R&D reste indispensable pour entretenir ou développer les compétences.
Structures de coûts	Prédominance des coûts récurrents dans le business model	Prédominance des coûts non-récurrents dans le business model
Financement	Facturation avec les ventes finales	Systèmes d'avances (dont certaines sont remboursables)
Valeur d'usage	L'utilisateur (le client) satisfait un besoin ou une utilité qu'il ressent	L'utilisateur met en œuvre une mission (bien public pur)

6.3. Gérer les contraintes des *business models* pour tirer parti de la dualité

6.3.1. Coûts, compétences, cadences

Pour qu'une entreprise soit efficace, il faut que sa structure de coûts et de prix soit cohérente avec les attentes de son marché ou de ses clients. Si on entre dans les détails de cette démarche, cela signifie que l'entreprise doit être « dans le coût, dans la compétence et dans la cadence ».

- **Dans le coût :** La structure de coûts fixes et de coûts variables d'une firme doit correspondre aux prix que le client final peut payer. Si on raisonne à court terme, la flexibilité des facteurs de production fait partie de l'analyse et transforme donc en éléments de structure le travail et le capital (et les niveaux de productivité associés), que l'entreprise doit prendre en compte pour calculer tous ses coûts ;
- **Dans la compétence :** Les compétences disponibles induisent de façon directe des coûts pour les ressources humaines (si on paie un ingénieur pour faire le travail d'un simple technicien, il faut le payer au-delà du coût de production normal pour cette activité). La structure des compétences de l'entreprise induit aussi le type d'activité que l'entreprise peut réaliser pour ses clients.
- **Dans la cadence :** Une entreprise industrielle taillée pour réaliser des séries multi-unitaires ou des prototypes n'est pas structurée pour réaliser des activités de production de grande série, sauf à accepter des coûts de production qui ne sont pas compatibles avec ceux de la concurrence.

Poser le raisonnement stratégique en ces termes (comme le fait par exemple le directeur de la stratégie et du développement de DCNS) permet de calibrer clairement quelle cible de marché il faut viser pour compléter le portefeuille d'activités d'une entreprise travaillant à des programmes d'armement.

En analyse stratégique, tous ces éléments reviennent à prendre en compte les capacités dynamiques disponibles, à les compléter et à les redistribuer pour maximiser un potentiel de dualité.

La réalité très concrète du raisonnement stratégique dans les entreprises impose toutefois de garder à l'esprit deux points majeurs. D'une part, le design organisationnel des entreprises ne s'accommode pas très bien du mélange de structures de coûts, de compétences et de cadence au sein de la même entité économique (Porter, 1980). D'autre part, l'évolution d'une structure de coût à une autre, ou d'un design organisationnel à un autre, prend du temps et doit se gérer dans le temps moyen ou long (jamais dans le temps court) pour permettre de gérer l'ensemble des aspects liés à la culture des personnels, à l'identité de l'entreprise, et à son image sur un marché. Tous ces éléments ont des impacts majeurs sur la structure de coût de chaque entreprise, et sur sa rentabilité à court et moyen termes.

Il ne faut donc pas imaginer que le redéploiement des capacités dynamiques d'une entreprise s'opère par un coup de baguette magique. Du point de vue de l'entreprise, maximiser le potentiel de dualité suppose d'utiliser la capacité d'une firme à combiner et redéployer une variété de ressources et de compétences des marchés civils vers les marchés militaires, et vice-versa. Plus la taille de l'entreprise est importante et plus cette conversion culturelle et organisationnelle devient complexe à mettre en œuvre. Plus le processus de redéfinition de la nouvelle stratégie s'allonge dans le temps, plus la mise en œuvre du changement devient complexe et fragile. Pour toutes les entreprises travaillant dans le secteur de la Défense, les années 1990 et 2000 ont été l'objet d'un changement très fort dans l'équilibre des *business models* qui se traduit dans la remise en cause de toutes les références de l'industrie de Défense. Le moins que l'on puisse dire aussi est que le mécano industriel que les États européens ont pudiquement labellisé du terme ambitieux de « politique industrielle » n'a pas aidé non plus à rendre ces évolutions plus lisibles ou à permettre d'élaborer des stratégies d'entreprises plus solides.

Dans ce contexte, l'adaptation d'un matériel militaire au marché civil requiert presque toujours une adaptation des structures de production et nécessite des investissements spécifiques, qui devront être couverts par les prix de vente. Les niveaux de ces investissements complémentaires dépendent de plusieurs éléments : la distance du produit militaire au marché civil (en particulier, peut-il trouver assez de clients capables de payer son prix de marché et, donc, trouver son marché pour faire vivre une entreprise ?) et l'adéquation entre les structures de production et le prix du marché (l'entreprise doit au minimum couvrir ses coûts de production, c'est-à-dire rémunérer ses facteurs de production, et ses investissements). Dans l'élaboration d'un business model, deux démarches sont complémentaires : partir de la fonction de coût pour déterminer le prix du produit, et partir des comportements du client potentiel

pour calculer les seuils de prix praticables pour chaque niveau de qualité (perçue ou réelle). La confrontation des deux démarches permet à l'entrepreneur de déterminer son prix, et sa structure de production.

Dans le cas de la dualité, cette démarche a souvent été laissée de côté car de très nombreuses initiatives ont simplement imaginé, de façon fort peu pragmatique, que l'on pouvait « recycler » des produits auparavant militaires pour alimenter le marché civil sans analyser la compatibilité entre l'éventail des prix pertinents pour les clients potentiels et les fonctions de production (soit, dans la terminologie des économistes, la rémunération des facteurs de production ou, dans la terminologie des sciences de gestion, la structure des capacités-clés). Si on utilise un ingénieur et un technicien usuellement à l'œuvre pour fabriquer des structures avion dans le secteur aéronautique pour fabriquer des caravanes, au prétexte de lui donner du plan de charge, alors l'industrie a deux options : produire à perte, ou pratiquer des prix très élevés pour rémunérer ses facteurs de production au tarif normal. Dans les deux cas, cela revient à sortir de la zone de cohérence entre les structures de coûts, de compétence et de cadence (de production). ***Ce n'est pas au sens strict un problème de coûts (fixe, variable, proportionnel ou non). C'est un problème de cohérence entre, d'une part, des coûts, des cadences, et des compétences et, d'autre part, des prix de marché pour des niveaux de qualité recherchés par les clients.*** De façon incidente, utiliser des compétences en dehors de leur zone d'application conduit aussi à perdre des repères importants pour le milieu d'origine (par exemple, un chaudronnier du secteur de l'aéronautique ou du spatial qui travaillerait pour un autre secteur « désapprendrait » les exigences de qualité de son secteur et n'y serait plus employable sauf à consentir à nouveau à des investissements très lourds en formation pour retrouver les réflexes de travail et les niveaux d'exigence liés à la qualité de la prestation attendue, ou à la sûreté de fonctionnement). Dans la mesure où cette question relève d'une logique de cohérence, elle s'applique à l'identique à tous les secteurs et à tous les types d'entreprise.

Globalement, du point de vue budgétaire, la logique de dualité vise à instaurer des stratégies où les coûts de production des programmes d'armement sont abordables, et où l'assiette potentielle des efforts de R&D se trouve élargie (et 'amortissable' sur des séries plus longues qui impliquent le civil).

Compte tenu des entretiens menés dans le cadre de cette étude, on peut souligner quelques lignes de force importantes (mais sans les qualifier de facteurs clés de succès).

- **Construire des spécifications techniques aux niveaux fonctionnel ET non fonctionnel qui ont du sens à la fois pour le marché civil et pour la production d'armement.** Cela signifie que le dialogue doit s'installer avec l'industrie pour analyser les spécifications opérationnelles au plus près de ce qui est nécessaire à la réussite des missions militaires, mais qu'ensuite le design du programme doit permettre de prendre en compte les applications civiles. Cela pose le problème de la valeur d'usage des contenus de l'innovation. Cela signifie que la logique de l'innovation doit sortir de la logique d'innovation technologique où chaque nouvelle génération de matériel pousse les spécifications techniques quelques crans plus loin, sans tenir compte de la cohérence entre la valeur de l'usage opérationnel réel et le coût total de possession du programme. Cela signifie aussi que l'industriel doit détenir une marge de manœuvre explicite dans la définition des spécifications pour favoriser la recherche de multi-applications (à partir des spécifications fonctionnelles et non-fonctionnelles) ou de potentiel d'exportation.
- **Optimiser les processus de production et de conception pour minimiser les coûts associés,** en introduisant dans les programmes d'armement l'ensemble des bonnes pratiques mises en œuvre dans les programmes civils. A ce stade, les efforts de R&D associés à ces outils peuvent alors être 'amortis' sur l'ensemble des activités (civiles et militaires) ce qui pérennise l'outil de conception (bureau d'étude) à travers une multiplicité de programmes. Cela permet aussi de mettre en place chaque fois que c'est possible des outils un peu moins artisanaux et multi-unitaires qui réduisent les coûts de conception et de production, à la condition qu'un plan de charge critique soit préservé pour chacune des compétences originales. Dans le cadre d'un plan de charge qui reste trop étroit pour imaginer des multi-applications, il faut alors se concentrer sur la gestion de la complexité.
- **Optimiser les flux de gestion de trésorerie à travers des modalités de financements des activités de conception et de production qui apportent une complémentarité à l'entreprise.** Sans cash flow, une entreprise ne peut ni financer ses coûts fixes ou ses coûts de structure, ni investir. Cela suppose que les modalités du code des marchés publics mises en œuvre n'ignorent pas les différences entre coûts budgétaires et coûts économiques. Cela suppose aussi de comprendre que les modalités de réduction des coûts budgétaires passent par la prise en compte

des modalités contractuelles à l'échelle du coût total de possession d'un programme. Cela suppose enfin de comprendre que le risque systémique ne peut pas être endossé par l'industrie.

- **Laisser du temps.** La recherche de multi-applications ou d'adjacences prend du temps pour trouver une cohérence globale entre coûts, compétences et cadences de production. Il ne faut pas ignorer non plus que la gestion du changement rend les entreprises fragiles. La mise en place d'une culture d'entreprise qui tire parti de compétences ou de capacités critiques pour s'orienter vers une logique de dualité ou de multi-applications prend encore plus de temps. Ce temps s'apprécie lui-même comme une forme d'investissement, avec des niveaux de maturité dans la mise en place de la stratégie que le secteur privé a su gérer dans de nombreux secteurs.

Les entretiens réalisés chez THALES, DCNS, EADS et DASSAULT AVIATION ont permis d'illustrer ces points à travers les retours d'expérience issus de chacune des entreprises.

6.3.2. Qui paie ?

Dans le cadre traditionnel du marché de l'armement, la logique de la supériorité technologique s'accompagnait d'une démarche où la Défense payait pour disposer de la meilleure technologie possible et créer une différence. Dans le cadre de la réduction budgétaire, la logique de la dualité est très souvent invoquée pour faire payer les innovations à « quelqu'un d'autre », sans spécifier le moins du monde comment seront générées les capacités critiques (et les actifs incorporels ou corporels) qui permettent de disposer dans le futur de capacités critiques différenciantes avérées.

A ce stade, il ne reste donc que deux solutions :

- ou bien « quelqu'un » paye pour le développement de ces capacités (et y trouve donc la légitimité directe pour orienter les investissements), et on trouve alors la trace de ces financements externes dans un poste spécial du chiffre d'affaires (par exemple les programmes qui financent la recherche « amont » sur la base des budgets publics)
- ou alors c'est l'écart entre chiffre d'affaires et profit permet de générer la capacité des firmes à autofinancer cette R&T (et c'est alors le client, ou le marché, qui oriente les décisions).

Traditionnellement, dans la comparaison entre la perspective des revenus et la dimension des coûts, on retrouve une des différences majeures entre les firmes qui travaillent pour la Défense dans le cadre transatlantique, avec des taux d'autofinancement de la R&T bien plus élevés en Europe qu'aux Etats-Unis (sans parler des autres pays comme la Chine qui reprennent la logique d'arsenal à leur compte).

La présentation d'un *business model* (cf section 6.1.1) sous forme de triangle permet donc de mettre en évidence un double cercle logique (rien ne permet de dire a priori s'il est vicieux ou vertueux). L'utilité d'un produit ou d'un service pour un client final repose sur les capacités critiques différenciantes qui sont incorporées dans le produit et permettent de générer une demande à partir de ressources stratégiques. La valeur-utilité permet de spécifier un prix de marché. La demande et le prix conduisent à un chiffre d'affaires. Sur la base de ce chiffre d'affaires et de la structure de coûts de l'entreprise, on identifie un excédent brut d'exploitation et un profit. En dynamique, c'est ce profit (et dans une moindre mesure l'excédent brut d'exploitation) qui permet de renouveler les compétences critiques et les ressources dynamiques.

Traditionnellement, on positionne les capacités et les processus du côté des revenus, car ils expliquent l'existence du chiffre d'affaires et du profit. De façon symétrique, on positionne la notion de ressource stratégique du côté des dépenses pour insister sur la rémunération des facteurs de production et sur la nécessité d'investir pour entretenir ou renouveler les facteurs différenciants dont voudra disposer le client dans le futur.

Dans une analyse du potentiel de dualité dans les entreprises, on aboutit donc à la question fondamentale : qui paie pour entretenir les capacités critiques ?

7. CONCLUSION SUR LA DUALITE DANS LES STRATEGIES ET LE MANAGEMENT DES ENTREPRISES

Cette section introduit une synthèse sur la comparaison des stratégies des entreprises au regard de la prise en compte du potentiel de dualité. Pour les entreprises, la dualité consiste à tirer parti de l'exploitation de compétences, de technologies, de produits et de procédés pour satisfaire des besoins exprimés à la fois sur des marchés civils et militaires. Cette étude a permis de mettre en évidence les implications de la prise en compte du potentiel de dualité au niveau de la stratégie des entreprises, du management de l'innovation et des *business models*. La deuxième sous-section identifie et corrige quelques idées fausses sur la dualité, avant de souligner les modes de raisonnement pertinents. Les sous-sections suivantes introduisent des éléments de synthèse, successivement, sur la place de la dualité dans la stratégie des entreprises, sur la place de la dualité dans le management de l'innovation, et sur les contraintes associées aux modèles d'affaires (*business models*) des entreprises mobilisant une stratégie fondée sur la prise en compte du potentiel de dualité.

7.1. Ce que la dualité n'est pas

Voici quelques éléments qui illustrent les idées fausses sur le thème de la dualité :

- ✓ La dualité n'est possible que dans les phases amont de la R&T : la dualité ne serait alors qu'un enjeu en amont du processus de la recherche.
 - ☞ *C'est une idée fausse parce que cette assertion n'épuise pas, et loin s'en faut, la question de la dualité. En outre, cela associe la dualité à une démarche de technology-push ou de science-push, qui reste totalement partielle.*
- ✓ La gestion de la dualité serait uniquement associée à un modèle linéaire de management de la technologie. Les opportunités de tirer parti de la dualité plus en aval du processus de maturité technologique ne seraient alors envisagées que dans un modèle linéaire de transfert de la technologie.
 - ☞ *C'est une idée fausse parce que la dualité n'est pas une question de management de la technologie, mais une question de management de l'innovation qui doit déboucher sur des produits qui génèrent une demande explicite sur un marché. La question de l'innovation ne se traduit jamais par une question d'accumulation de la recherche technologique.*
- ✓ Le processus d'innovation (et, donc, par voie de conséquence, le management du potentiel de dualité), reposerait uniquement sur une démarche de « technology push », sans prendre en compte les usages ou les dynamiques « market driven ». Cette lecture vaudrait en particulier pour l'innovation radicale et pour la combinaison nouvelle de connaissances technologiques (issues de financement civil et militaire).
 - ☞ *C'est une idée fausse, parce que la majeure partie du processus de management de l'innovation repose sur la rencontre entre le besoin d'un usager et le design d'un produit ou d'un service pour un usager précis. L'idée fausse repose ici sur la croyance que l'on peut ignorer le rôle de l'usager dans le processus, ses idées et ses attentes.*
- ✓ La dualité de produit permettrait de réduire les coûts de développement en faisant l'hypothèse que les coûts fixes de recherche sont amortissables directement sur des démarches de spin off (du militaire vers le civil).
 - ☞ *C'est une idée fausse qui repose sur une pseudo-analyse économique des effets de série, en postulant que les coûts d'adaptation de la technologie sont faibles, ou tout au moins ridicules par rapport aux coûts de la recherche initiale, et que les coûts de conception d'un produit précis pour une cible de marché précise n'existent pas. Evidemment, c'est un double fantasme.*

- ✓ L'innovation, les technologies émergentes et / ou de rupture sont principalement le fait des PME et de la recherche publique, ce qui conditionnerait le fait que le gisement de dualité peut être exploité en faisant porter massivement les efforts de politique publique sur ces acteurs.
 - *C'est une idée fausse qui oublie que la majeure partie des biens produits sur les marchés sont de nature multi-technologique, et que la compétence nécessaire pour les concevoir et les produire suppose des compétences d'intégration qui sont exceptionnellement (au sens le plus strict) détenues par des PME alors que c'est très souvent le cœur de métier de groupes industriels qui détiennent une taille critique. Plus le caractère multi-technologique est affirmé, et plus la compétence d'intégration devient critique et moins la PME est dans son domaine de compétence. L'agilité supposée des PME en matière d'innovation mono-technologique ne permet pas de suppléer par une opération magique à des compétences d'intégration. L'agilité et la créativité supposément plus fortes des PME par rapport aux grands groupes industriels dans l'innovation ou la recherche technologique n'est qu'une assertion intuitive basée sur des produits simples au plan technologique, et dans tous les cas non-intégrés.*

Les déclinaisons de ces illusions ou raccourcis hasardeux peuvent ensuite abonder une liste très longue de fausses croyances.

7.2. Ce qu'est en réalité la dualité

Voici quelques idées issues du modèle itératif de l'innovation qu'il faudrait absorber comme cadre de référence pour analyser comment tirer parti au mieux du potentiel de dualité :

- ✓ La dualité se situe au cœur de l'élaboration de *business models* fondés sur la capacité à renouveler des offres (de produits) diversifiées, et à préserver la compétitivité des firmes. La dualité élargit l'assiette du marché potentiel à partir d'une même compétence, et donc permet aux industriels de mieux gérer leurs plans de charge. Le modèle dépend directement de l'évolution des budgets dans les domaines de la Défense ou de la Sécurité.
- ✓ La dualité s'applique à la fois au niveau R&T en amont du processus de maturité technologique et dans le processus de mise en œuvre de solutions technologiques pour des usages précis. Tirer partie de la dualité suppose d'intégrer une double analyse de management de la technologie (et donc ici de sa maturité) et de management de l'innovation (et donc ici des modes de travail).
- ✓ La dualité est en grande partie une question de timing qui fait référence à l'émergence d'un besoin exprimé par un usager final, et à sa déclinaison en concepts qui apportent une valeur d'usage précise. Cela sous-entend que le potentiel de dualité dépend aussi en grande partie de l'usager qui exprime le besoin nouveau en premier.
- ✓ Dans un contexte de fortes contraintes budgétaires, la dualité introduit la nécessité de repenser la manière dont on pose la politique publique en faveur de l'innovation ou la politique de Sécurité et de Défense d'un pays. Le potentiel de dualité va alors reposer sur la valeur d'usage telle qu'elle est perçue par un ou plusieurs utilisateurs du produit / service. Les technologies porteuses de différenciation sur plusieurs marchés en parallèle seront au cœur de l'analyse du potentiel de dualité, qui intégrera des contraintes temporelles et d'organisation des échanges entre les différents marchés d'application potentielle (et donc entre les différents types d'utilisateurs).
- ✓ L'innovation est un processus distribué, et les processus de globalisation renforcent cette caractéristique plus que jamais. Que l'innovation soit de nature radicale ou incrémentale, elle reste le résultat d'un processus collectif qui implique à la fois les grandes entreprises, la recherche publique et les PME. Pour être prise en compte, la dualité doit être une manière d'aborder les synergies et le potentiel de multi-applications par l'ensemble des acteurs. Cette exploitation de la dualité peut se faire de manière simultanée ou décalée dans le temps pour répondre aux différents besoins des différents usagers.
- ✓ La manière de gérer la propriété intellectuelle dans l'écosystème introduit un impact très fort et direct sur le potentiel de dualité.

7.3. Elements clés sur la place de la dualité dans la stratégie des entreprises

Au niveau de **stratégie des entreprises**, cette étude permet d'introduire deux grandes conclusions

- ✓ **La dualité occupe une place importante dans la stratégie à la fois pour les leaders historiques sur le marché de Défense en France et en Europe, et pour les nouveaux entrants sur le marché de l'armement ou de la Défense.** Pour les leaders historiques de l'industrie de Défense, la dualité implique d'intensifier les démarches qui permettent de tirer parti des synergies technologiques civiles et militaires ainsi que des modes de management de la complexité des systèmes dans un contexte budgétaire contraint. Pour les nouveaux entrants, il s'agit d'investir sur un marché (la Défense) qui permet de développer une relation sur le long terme entre client et fournisseur, et ceci en apportant les meilleurs pratiques du monde civil commercial.
- ✓ **La dualité représente un moyen de développer différentes stratégies de développement et de diversification entre marchés civils et militaires.**
 - Pour SNECMA (SAFRAN) et DASSAULT AVIATION, la présence parallèle sur les deux marchés civils et militaires de l'aéronautique et l'équilibre entre ces activités constituent un moyen de préserver une stratégie de spécialisation produits-clients.
 - Pour AIRBUS INDUSTRIES, la dualité est un moyen de se positionner sur les produits et systèmes connexes (comme la logique réseau-centrée, la cyber-sécurité, etc.) à partir du savoir-faire d'intégration des systèmes aéronautiques et spatiaux sur les marchés traditionnels de l'entreprise.
 - Pour THALES, la dualité permet d'accéder à de nouveaux clients et de nouveaux marchés géographiques à partir de produits et technologies connexes (par exemple les services de GNSS sécurisé, le déploiement de radars côtiers, ou la cyber-sécurité etc.).
 - Pour SOPRA, la dualité est un moyen d'accéder à de nouveaux clients (la Défense) à partir de ses produits et savoirs faire existants.
 - Pour BULL, la logique est un peu différente de celle instaurée par SOPRA, puisque la dualité est un moyen d'accéder à de nouveaux marchés (la Défense) à partir de savoirs-faire existants. La stratégie de BULL pousse la stratégie de développement sur des produits connexes (comme par exemple la guerre électronique ou les systèmes logiciels de gestion du temps réel).
 - Pour DCNS, enfin, la dualité représente la possibilité de retrouver une croissance de l'activité à partir d'activités non militaires. Il s'agit d'une stratégie de développement à la fois sur de nouveaux produits et pour de nouveaux clients. L'étude approfondie sur DCNS (cf section 16 de ce rapport) permet d'illustrer la démarche mise en œuvre et le temps nécessaire pour implémenter de telles stratégies de diversification.
 - Pour des entreprises de petite taille, comme RAFFAUT, les stratégies reposent sur des considérations un peu différentes de celle des grands groupes. La dualité repose à la fois sur la complémentarité et les synergies des compétences technologiques et industrielles de l'entreprise sur les deux marchés, et sur la manière dont la présence simultanée sur les marchés civils et militaires permet de gérer les cycles d'investissement et la trésorerie. Cette dernière dimension est critique pour le développement et la survie d'une PME.

7.4. Elements clés sur la place de la dualité dans le management de l'innovation

Au niveau du **management de l'innovation**, cette étude permet de tirer quatre conclusions :

- ✓ La dualité représente une évolution des pratiques à la fois dans l'entreprise et au sein de l'écosystème. Elle n'est pas seulement applicable aux TRLs bas. Le management de la dualité suppose de dépasser la référence au modèle linéaire de management de l'innovation pour introduire une approche itérative et en boucle courte. **Le management de la dualité suppose de**

nouveaux modes de travail fondés sur la confiance et des échanges entre tous les acteurs de l'écosystème pour explorer et définir les solutions porteuses de valeur d'usage, et ceci quelle que soit l'origine civile ou militaire du développement de la technologie. Il ne s'agit pas de rechercher la performance technologique pour elle-même mais la meilleure solution dans un contexte budgétaire contraint à partir de l'identification de la solution discriminante pour l'activité opérationnelle de l'utilisateur. La manière d'analyser les concepts clés, la valeur d'usage et le modèle économique doivent être présents très en amont dans les échanges entre l'opérateur public (DGA, Armées) et les industriels. L'identification puis la mise en valeur du potentiel de dualité sont alors synonymes de la recherche de multi-applications des technologies, ou encore de mise en œuvre de méthodes et outils transverses, permettant la mise en valeur de briques technologiques communes entre marchés et clients (civils et / ou militaires).

- ✓ Pour aborder les possibilités de multi-applications et de transversalité, il est nécessaire de trouver les points communs (entre technologies, et aussi entre différents besoins). Pour chaque solution recherchée, **il faut introduire une réflexion sur les spécificités fonctionnelles et non fonctionnelles liées à chaque milieu et à chaque client.** Si l'objectif est de réduire les spécificités pour accroître le potentiel de synergies civiles et militaires, encore faut-il bien en comprendre les contours à deux niveaux : d'une part, pour ce qui concerne les contraintes fonctionnelles relatives aux exigences des clients et, d'autre part, les contraintes non fonctionnelles le plus souvent reliées aux technologies sous-jacentes (design, production, etc.) et aux milieux. Les industriels (à la fois les industriels historiques et les nouveaux entrants) sont souvent porteurs de visions différentes sur les spécifications incontournables à chaque client et sur la manière d'y répondre. Ces différences résultent à la fois de cultures différentes (qui induisent des manières différentes de proposer des solutions) et des positions de chaque entreprise dans la chaîne de valeur.
- ✓ **La dualité suppose de prendre en compte de manière proactive toutes les relations dans l'écosystème, y compris pour l'opérateur public (DGA et Armées), et au-delà des frontières de l'écosystème ('open innovation') afin de capter le potentiel d'innovation.** Dans le cadre de l'open innovation, il s'agit pour les acteurs industriels historiques de développer une capacité à capter les technologies et innovations produites dans d'autres écosystèmes et de s'assurer des conditions d'accessibilité à ces connaissances dans la durée pour répondre aux exigences des fonctions de Défense et de Sécurité. La dynamique de l'open innovation se traduit aussi par la présence de nouveaux entrants sur le marché de l'armement, porteuses de visions et de méthodes différentes pour aborder les spécificités du monde militaire. A terme, c'est bien la complémentarité des approches et des compétences entre les industriels historiques de la Défense et les nouveaux entrants qui est en jeu.
- ✓ **En sein des entreprises « historiques » de la Défense et de l'armement, on constate une adaptation du management de l'innovation pour se mettre en capacité de tirer parti de la dualité. Le cas de THALES illustre parfaitement cette évolution avec la mise en œuvre de la stratégie de « dualité globale ».** Celle-ci se traduit à la fois par la recherche de multi-application des technologies et de synergies au niveau des familles de produits civils et militaires. Ces deux dimensions sont prises en compte dans le processus d'innovation de l'entreprise. La gouvernance de la recherche de multi-application et des synergies au niveau des familles de produits reste centralisée au niveau du groupe THALES. Le modèle matriciel appliqué à tous les niveaux de l'entreprise contribue à la mise en œuvre de la stratégie de « dualité globale ». De nouvelles fonctions ont été créées dans le but d'animer la recherche systématique de transversalité tant au niveau des technologies que des produits.

7.5. Elements clés sur la place de la dualité dans les modèles d'affaires des entreprises

Pour les **business models** des entreprises, l'étude permet de mettre en perspective un enjeu majeur associé à la mise en œuvre de stratégie fondée sur la dualité.

Il s'agit pour les entreprises de réconcilier des approches différentes en termes de structures de coûts (récurrents/non récurrents), de cadences de production, et de variété de compétences mobilisées entre les marchés militaires et civils.

Les choix de *business models* ont également des incidences sur les choix de « make or buy ».



**FINAL CONSOLIDATED REPORT
THIS REPORT IS
DISCLOSED FOR PUBLIC RELEASE**

8. REFERENCES THEORIQUES

Le corps du texte de cette étude a été allégé en positionnant dans cette annexe les références théoriques qui ont servi à développer l'analyse.

Cette annexe va introduire des développements sur 5 points :

- ✓ La définition de la dualité appliquée aux produits vs technologies ;
- ✓ La typologie des innovations (incrémental, radical, etc) ;
- ✓ Le modèle de Kano utilisé en marketing stratégique ;
- ✓ Le modèle de conversion de la connaissance utilisé par Nonaka ;
- ✓ Le modèle d'articulation de la connaissance proposé par Max Boisot (« social learning cycle »).

8.1. Dualité de produits vs. dualité de technologies

La dualité des technologies constitue un concept qui a fait l'objet de nombreux débats autant au niveau des *policy makers* qu'au niveau des communautés scientifiques.

Au niveau des politiques publiques, le débat en France s'est souvent focalisé sur des enjeux de gestion des deniers publics dans un contexte de restrictions budgétaires (Guichard, 2001 ; Mérindol, 2003) conduisant à négliger les modèles économiques et organisationnels qui font de la gestion de la dualité un enjeu clé de la compétitivité des entreprises. De ce point de vue, les analyses s'inscrivent dans la suite logique des travaux de Gansler (1995) qui imaginent repositionner la problématique du management de la technologie hors de la logique d'arsenal qui avait caractérisé la période de la Guerre Froide. On se situe alors dans le cadre d'une logique générale où le processus d'innovation reste perçu sous une forme totalement linéaire, avec des « spin-off » transférant les technologies militaires vers le civil, des « spin-on » réalisant le symétrique du civil vers le militaire, et des démarches partagées se situant à l'intersection entre sphères civiles et militaires (Stowski, 2004). Inscrire le management de l'innovation dans une perspective totalement linéaire représente donc le premier élément d'une caricature qui conduit à poser le problème d'une façon caricaturale.

Si la dualité technologique constitue sans contexte un enjeu important pour le management de l'innovation, Molas Gallart (1997) met toutefois en évidence que cette notion est très ambiguë. C'est pourquoi il préfère évoquer une dualité de *l'usage* civil et/ou militaire. La dualité fait ainsi référence à des technologies, des produits, des procédés mis en œuvre pour répondre à des besoins exprimés sur les marchés civils (et commerciaux), ou militaires, ou les deux en même temps. Avec cette présentation, on présente en particulier le processus d'innovation sous une forme qui devient cohérente avec la réalité de la vie économique et de la stratégie des entreprises.

Si la dualité renvoie *in fine* à des technologies et produits qui peuvent répondre à des besoins civils ou militaires (donc *in fine* à des marchés aux exigences et contraintes différentes), le potentiel de dualité est alors analysé selon des perspectives relativement différentes au niveau des travaux académiques.

Les sections suivantes font état des travaux sur la « dualité de technologie », et ceux relatifs à la « dualité de produits ». Ces deux approches ont eu des incidences sur la manière de définir le rôle des politiques publiques. Pour les entreprises, elles ont aussi entraîné une focalisation sur des enjeux managériaux de nature différente. La dernière section expose que ces approches sont plus complémentaires que contradictoires pour analyser la capacité des entreprises à tirer parti du potentiel de dualité.

8.1.1. Dualité de technologies

Généralement, la « dualité technologique » fait référence à des technologies qui ont un usage potentiel sur les marchés civils et/ou militaires quelle que soit l'origine (civile et/ou militaire) de leur financement.

L'approche sur la dualité des technologies s'appuie explicitement sur le cycle de développement de la technologie. Dans cette approche on se réfère donc explicitement à la prise en compte des échelles de maturité technologique telles que codifiées sous la forme de « technological readiness level » par exemple. Il est important de noter que cette démarche a été introduite par les agences en charge du management des programmes complexes précisément parce qu'elles avaient besoin de prendre en compte le caractère non linéaire de l'innovation, et la difficulté à travailler dans le cadre de programmes complexes caractérisés par des structures multi-technologiques.

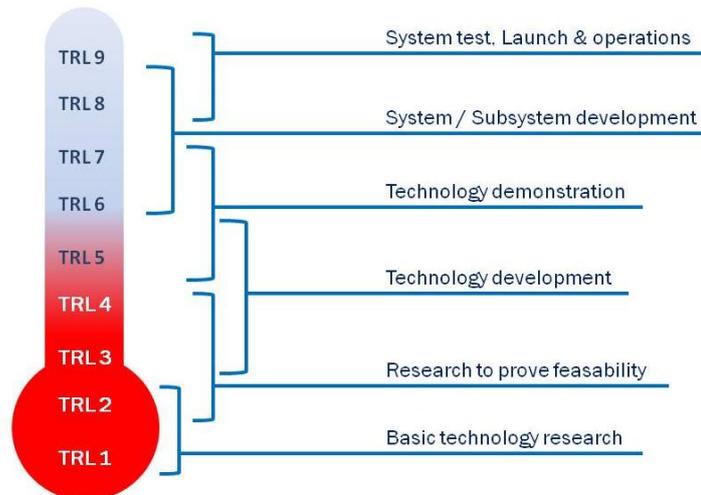
Telle que présentée par l'Agence spatiale européenne, la logique des TRLs structure aujourd'hui le management de la technologie et de l'innovation dans les programmes complexes par une progression de la maturité des technologies associées à chacun des composants en relation directe avec la mission.

Table 11 – Niveaux de TRLs selon l'ESA, Agence spatiale européenne

TRL	Détail du management de la technologie
TRL 1	Observation des principes fondamentaux
TRL 2	Formulation des concepts de technologie ou des applications
TRL 3	Preuve du concept analytique dans un environnement expérimental
TRL 4	Validation en environnement de laboratoire à l'échelle d'un composant
TRL 5	Validation en environnement représentatif à l'échelle d'un composant
TRL 6	Démonstrateur de système ou de sous-système en environnement représentatif
TRL 7	Prototype du système entier en environnement réel
TRL 8	Démonstrateur du système complet pour qualification en conditions réelles
TRL 9	Validation de la version pré-industrielle en environnement de mission réelle

Dans la Défense, on fait souvent référence au schéma de départ introduit par la NASA pour favoriser l'analyse des programmes complexes. Ces éléments sont repris sur le schéma infra.

Figure 13 – Niveaux de TRLs selon la NASA



Cowan & Foray (1995) mettent en exergue l'importance des phases du cycle de développement des technologies et leurs incidences potentielles sur l'exploitation de la dualité de la technologie : le potentiel de dualité diminue au fur et à mesure du développement de la technologie et des choix réalisés au cours du processus d'innovation.

Longtemps focalisées sur cette approche, les politiques de dualité se sont reportées sur les activités de recherche amont (Quenzer 2002 ; Mérindol, 2003) c'est-à-dire sur les phases d'exploration de nouvelles technologies. Dans cette approche, le gisement d'opportunités de la dualité ne se définit donc qu'en amont de l'activité de recherche (TRL bas). Les mesures de politique publique peuvent prendre la forme de financements conjoints entre ministères civils et militaires sur des projets de recherche fondamentale, ou encore de projets collaboratifs entre entreprises et organismes de recherche qui ont l'habitude de travailler à la fois pour des besoins et marchés civils et militaires.

Dans les phases de développement les plus en aval de la technologie (TRL élevés), le moyen d'accroître la dualité se limite à favoriser une coordination des politiques civiles et militaires de standardisation. En effet, les décisions successives sur la technologie, son design, les spécifications de performances et de

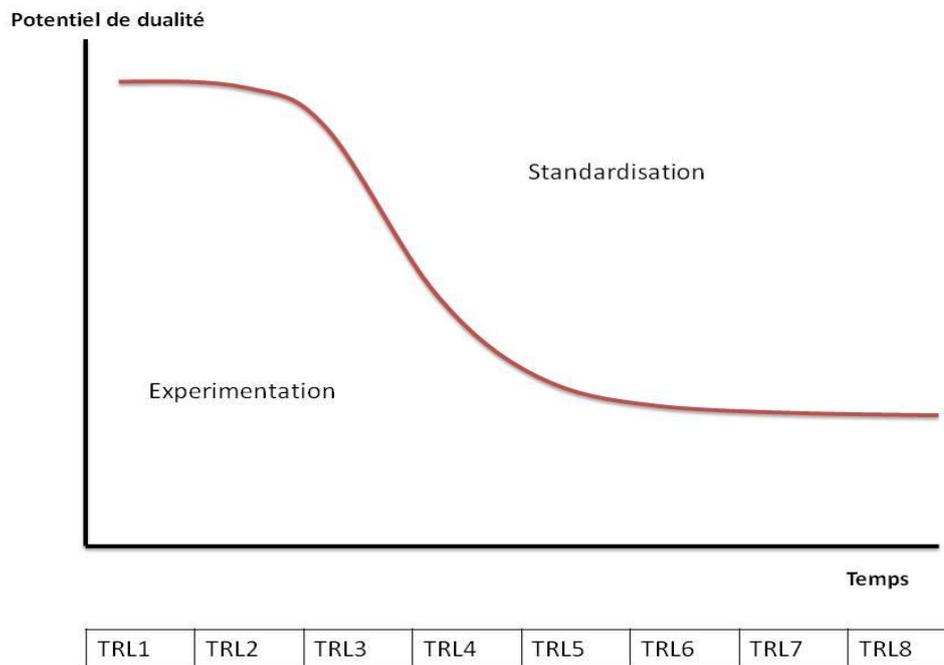
tests dans des environnements dédiés conduisent progressivement à des développements technologiques dédiés à des usages spécifiques civils ou militaires.

Le potentiel de dualité se réduit alors considérablement.

Le schéma ci-dessous reprend la logique proposée par Cowan & Foray (1995). Ils expliquent que le potentiel de dualité dépend de la maturité technologique et évolue au cours du temps. Le potentiel de dualité est plus fort dès que l'on se situe dans la phase d'exploration. Au fur et à mesure que les développements se précisent et que la technologie devient mature dans un contexte d'application précis, le potentiel de dualité diminue.

L'approche de Cowan & Foray (1995) fondée sur la dualité technologique conduit donc schématiquement à identifier deux phases clés : la phase d'expérimentation et la phase de standardisation.

Figure 14 – Dualité technologique et cycle de développement de la technologie



Source : schéma adapté de Cowan & Foray 1995

Par commodité, nous avons ajouté la grille d'analyse des TRL sur ce schéma mais la progression des TRLs 1 à 9 n'est pas proportionnelle. Il conviendrait d'en détailler les jalons de façon particulière.

La vitesse à laquelle descend la courbe de « dualité technologique potentielle » dépend fortement des priorités définies par les acteurs en charge du développement technologique, et aussi de la définition des fonctions auxquelles sont dédiées les technologies pour chaque usager potentiel sur les marchés civils et militaires.

Cette grille d'analyse doit donc être contextualisée en fonction, d'une part, de la nature de la technologie et, d'autre part, des usages potentiels. Une hypothèse souvent évoquée aujourd'hui est que les enjeux de fiabilité, de stabilité et de performances technologiques autour des fonctions de « Défense et Sécurité » telles que portés par des acteurs institutionnels (ministères de l'intérieur, de la Défense, agence de sûreté du transport aérien...) font que le potentiel de dualité pour un ensemble de marchés tendrait à croître (Mérindol & Versailles, 2008).

Pour les entreprises, une telle approche introduit deux conséquences d'un point de vue organisationnel:

- **La dualité de technologie fait référence à une approche linéaire du développement de la technologie et de ces incidences sur les compétences.** Le potentiel de dualité est supporté par l'existence initiale de compétences d'ingénieurs et scientifiques qui, autour d'une technologie ou

d'un champ scientifique précis, peuvent voir leurs recherches connaître des débouchés sur les marchés civils comme militaires. La « communalité » des compétences entre projets civils et militaires est donc très forte en amont des projets. Par la suite, les savoirs faire, les compétences et processus, les expériences vont se spécialiser et seront dédiés à des orientations et usages ciblés.

- **Le potentiel de dualité est évolutif** : il va à la fois dépendre de la maturité des technologies et des choix qui vont être réalisés en cours des phases d'expérimentation et de standardisation pour répondre à des besoins sur le marché. L'évolution de la courbe (descente rapide ou au contraire courbe plate) dépend donc à la fois du type de technologies et des usages. Elle dépend aussi des processus et choix organisationnels tout au long du développement au sein des entreprises et de son écosystème.

Le problème est d'autant plus aigu sur ces deux points que la compréhension de la dualité de technologie (ou du potentiel de dualité) se réfère en réalité à une époque où les programmes complexes étaient focalisés sur les architectures et sur le hardware. Cette interprétation rend bien compte des programmes de type Mirage IV en France, c'est-à-dire qu'elle prend fin dans les années 1960 avec les dernières plateformes qui sont associées à des systèmes de calcul totalement analogiques.

Des années 1960 aux années 1990, les programmes complexes vivent une gigantesque transition vers des environnements où les sous-systèmes informatiques prennent une place de plus en plus prépondérante pour définir les spécifications techniques et les niveaux de performance associés aux systèmes complexes. Si l'on considère les avions d'armes jusqu'aux générations 4 (ie Mirage 2000 en France), les enveloppes technologiques et les contraintes associées aux plateformes physiques prescrivent encore largement les niveaux de performance et les usages opérationnels mais les aspects logiciels connaissent déjà des boucles de mises à jour très courtes qui changent largement la face des performances opérationnelles. A partir des avions de la génération du Rafale, c'est-à-dire à partir des plateformes qui ont été conçues dans les années 1980, la reconfiguration des systèmes logiciels suit des cycles très courts par rapport à ceux que l'on connaît dans le cadre des aspects hardware, et les niveaux de performance globaux de la plateforme ou de son inscription dans un réseau d'effets militaires s'en trouve totalement reconfigurée.

La démarche théorique proposée en 1995 par Cowan et Foray a été envisagée dans le cadre d'analyse strict de systèmes hardware autonomes. Elle ne s'applique pas aux systèmes dont la performance est reconfigurée par les cycles de mise à jour du software qui induisent alors des boucles de rétroaction très denses affectant la stabilité du design et les niveaux de performance d'ensemble des plateformes ou des couches de hardware.

La logique de dualité technologique s'en trouve d'autant plus limitée car elle ne prend en compte ni la rapidité de reconfiguration des performances opérationnelles induite par les évolutions du software, ni la complexité des boucles de rétroaction entre développements dans le hardware et dans le software. A l'échelle des systèmes de commandement et de contrôle, ou des systèmes qui dépendent directement des couches de développement logiciel, le problème de la dualité ne peut plus reposer uniquement sur la référence à la technologie car c'est la couche logicielle qui conditionne la performance opérationnelle, et le cycle de vie de la technologie.

8.1.2. Dualité de produits

Une autre approche de la dualité repose sur la « dualité de produits ».

Cela correspond aux cas où les produits répondant aux besoins civils et militaires ainsi que la manière de les concevoir et de les produire sont tous suffisamment proches pour considérer que la conception et la chaîne de production soient en partie communes (Molas Gallart, 1997).

L'une des conséquences de cette approche est que le potentiel de dualité est jugé particulièrement important pour les entreprises quand les savoirs faire et compétences sont mutualisables non seulement en amont dans les phases de la recherche, mais aussi au niveau de la conception et de la production du produit.

Si la « communalité » des savoirs techniques et industriels est grande, bien d'autres dimensions clés de l'entreprise restent en revanche spécifiques aux différents marchés civils et militaires ciblés par l'entreprise. Ainsi ne rentrent pas dans la dualité potentielle les équipes de commercialisation (langage et réseaux de commercialisation restent spécifiques au client ciblé), les modes de financement, et aussi, éventuellement, les méthodes et règles de certification qui restent spécifiques à un type de client ou de marché.

Pour les politiques publiques, préserver ce potentiel de dualité suppose la coordination entre clients civils et militaires sur des fonctions, dans des phases de spécification de la technologie et des produits, ainsi que pendant les activités de standardisation des technologies ou de certification.

Des points de vue organisationnel et économique, la dualité de produit suppose aussi que la capacité de l'entreprise à manager des contraintes et des dynamiques de marché reste fondamentalement différente entre sphères civile et militaire. Cela peut s'expliquer par exemple sur la base de cycles de production et à travers l'existence (ou non) d'effets de série. L'ensemble de ces éléments contraignent bien entendu les choix d'organisation de la firme.

Trouver des illustrations de dualité de produit reste simple. L'exemple le plus caricatural reste associé aux camions vendus par Renault Trucks à la Défense, qui restent somme toute assez proches des modèles vendus au grand public même si les réseaux de commercialisation sont différents.

8.1.3. Une notion à analyser en fonction du contexte organisationnel

Si la dualité technologique et la dualité de produits font explicitement référence à la nature des technologies et des produits, celles-ci ne peuvent pas s'analyser en dehors des réseaux d'innovation, des modes d'organisations et de management des compétences des entreprises qui portent le développement de ces technologies (Cowan & Foray, 1995 ; Molas Gallart, 1997). Savoir tirer parti du potentiel de dualité est plus un problème d'organisation et de gouvernance de l'innovation qu'un problème purement technologique.

De nombreux travaux comparatifs entre les Etats-Unis, la France, le Royaume-Uni (Mérindol, 2003 ; 2005 ; 2009) ont permis d'illustrer ce point. Par exemple, aux Etats-Unis, les nanotechnologies sont supportées par des réseaux d'acteurs industriels et d'universités qui travaillent autant pour la Défense américain que pour les clients civils. Le financement public est conjoint. En France la gouvernance de l'innovation est supportée principalement des réseaux d'innovation qui ont peu de contact direct avec le marché de l'armement. Les travaux de Molas Gallart (1997) et de Stowsky (2004) soulignent que la technologie n'est pas duale en soi mais que le potentiel de dualité d'une technologie ou d'un produit repose avant tout sur les modes et choix d'organisation, de structuration des réseaux d'acteurs et de la nature des politiques publiques.

A ce stade, il convient de noter que la dualité technologique et la dualité des produits sont porteuses d'une vision différente de la mutualisation des compétences des entreprises : dans le premier cas elles portent principalement sur les activités de recherche ; dans le second cas elles concernent aussi les activités de production. Dans les entreprises, les degrés de liberté de chaque dimension diffèrent largement.

Identifier le potentiel de dualité et le manager permet alors d'introduire de la flexibilité organisationnelle dans l'emploi des ressources (technologiques, financières, infrastructures) en vue de renforcer la compétitivité de l'entreprise sur une variété de marché. Au niveau de l'entreprise, la gestion de la dualité renvoie alors à la recherche de gains de compétitivité. L'entreprise met en place les dispositifs qui lui permettent de gérer au mieux les contraintes et opportunités des marchés sur lesquels elle est active.

Le raisonnement associé aux entreprises renvoie donc à une logique et à des mécanismes qui se positionnent explicitement en décalage par rapport au raisonnement porté par les *policymakers* en Europe lorsque les politiques publiques de dualité renvoyaient pour l'essentiel à des mécanismes de gestion de la pénurie budgétaire. Dualité technologique et dualité de produit portent en elles des mécanismes qui peuvent déboucher sur de véritables stratégies de gestion de la compétitivité et sur la mise en place de plans stratégiques de gestion des capacités et des compétences. Des politiques publiques qui visent à mettre en œuvre des incitations sur la base de cette compréhension de la dualité sont tout à fait possibles, mais elles doivent s'abstraire des raisonnements simplistes sur le caractère linéaire de l'innovation et éviter de penser la dualité comme un moyen simple de « faire payer les autres » acteurs institutionnels pour des missions que certains ministères / agences ne savent plus financer.

La variété des enjeux pour favoriser la capacité des entreprises à tirer parti de la dualité est synthétisée dans le tableau suivant.

Table 3 – Les enjeux de la gestion de la dualité technologiques versus produits

	Dualité technologique	Dualité de produits
Où se situe le Potentiel de dualité dans l'entreprise ?	En amont des TRLs	Dans toute la phase de conception et au sein de la phase de production
Quel rôle pour les politiques publiques ?	Favoriser les réseaux et projets communs de recherche	Identifier et favoriser le maintien de spécifications communes civiles –militaire
Les défis managériaux pour les entreprises	Préserver et identifier les multi-applications civiles et militaires dans le processus d'innovation	Mutualiser les compétences et infrastructures de tests, expérimentations et production Gérer les cadences de production
Compétences à potentiel dual des entreprises	Compétences a priori pour les chercheurs et ingénieurs (TRLs amont)	TRLs hauts et bas à la fois Compétences et savoir faire communs dans la chaîne de production
Compétences spécifiques civiles et militaires des entreprises	Compétences dédiées sur des performances spécifiques dans les TRLs bas Pour ce qui touche aux TRLs élevés : production et commercialisation	Commercialisation, certification Modalité de financement

8.2. Typologie des innovations (compétences vs. usages)

La littérature scientifique utilise de façon régulière les termes d'innovation radicale et incrémentale qui sont entrés dans le domaine public des activités inter- ou pluri-disciplinaires.

En réalité, la typologie des innovations comporte quatre catégories, qui dépendent de deux options pour introduire la nouveauté dans un environnement économique. Le premier axe (ici sur l'axe des abscisses) analyse la nouveauté des compétences industrielles relatives à la R&D ou à la production ; le second axe (ici sur l'axe des ordonnées) renvoie à l'appréciation de la nouveauté du point de vue des usagers, à la fois dans leur capacité à s'approprier la technologie et à la mettre en œuvre dans la vie quotidienne.

On obtient donc une grille d'analyse des types d'innovation en quatre catégories :

- Les innovations **radicales** découlent de compétences nouvelles dans l'industrie et introduisent des modifications de comportement et d'habitudes de consommation ;

Dans ce registre, on peut mentionner comme exemples l'invention du moteur à explosion et la mise en place des premiers trains, l'invention de la téléphonie GSM, ou l'élaboration des technologies du Web 1.0 ou 2.0.

- Les innovations **majeures** ne changent pas les nouvelles compétences nécessaires dans l'industrie, mais elles modifient les comportements des usagers sans en remettre en cause les principes ;

Dans ce registre, on peut mentionner l'invention du transport aérien « low cost », ou la déclinaison des différentes technologies qui font évoluer les tablettes et smartphones avec l'ajout de toutes les formes de connectivité qui sont intégrées sur le même appareil (GSM de plusieurs fréquences et de plusieurs niveaux de bandes passantes ; WiFi de plusieurs standards ; NFC ; Bluetooth de plusieurs formats ; etc.).

- Les innovations **stratégiques** requièrent de nouvelles compétences dans l'industrie mais les produits mis sur le marché ne changent pas les habitudes de consommation des usagers ;

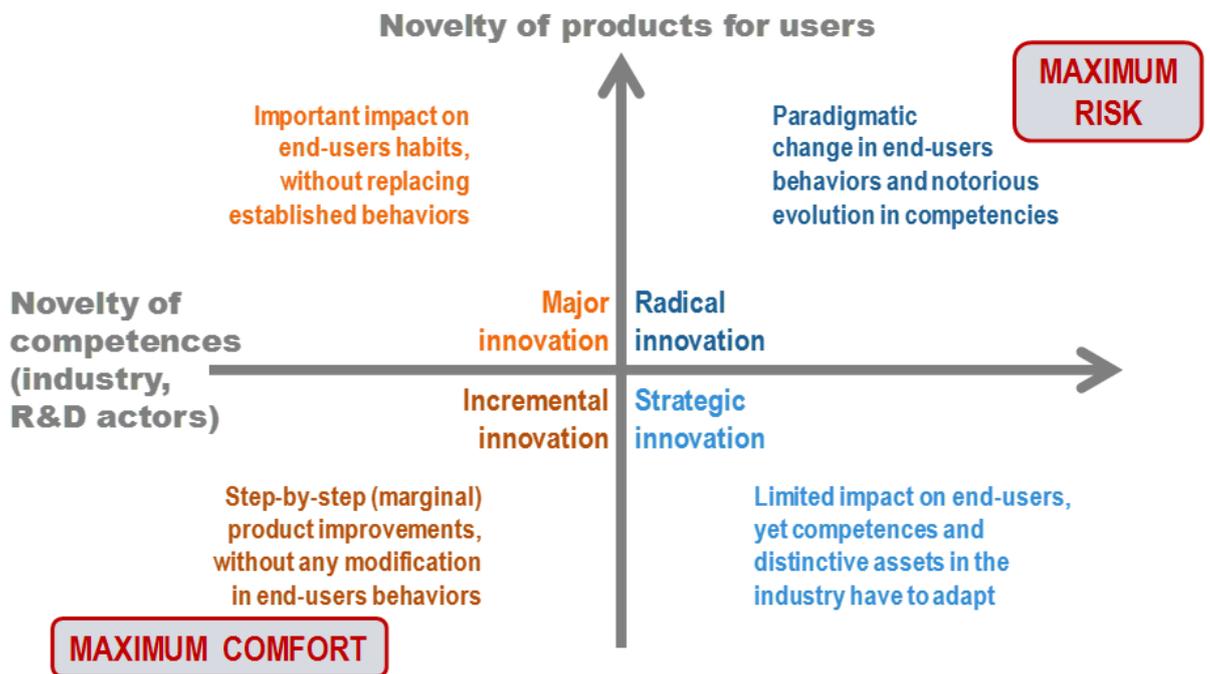
Dans ce registre, on peut mentionner les technologies du « cloud » qui sont toutes assez identiques dans leur utilisation par les usagers mais diffèrent largement au niveau des compétences nécessaires pour que l'industrie puisse les mettre en œuvre ; ou encore les télévisions à écrans plats de technologies diverses et variées, qui ne changent en rien l'acte de consommation de télévision mais

induisent tout de même des changements de compétence radicaux selon que les industriels produisent des écrans cathodiques, des écrans plasma ou des écrans LCD...

- Les innovations **incrémentales** introduisent des petits pas qui ne requièrent de modifier ni les compétences de l'industrie ni les habitudes de consommation des usagers.

Dans ce registre, on peut mentionner l'évolution des véhicules terrestres utilisant des moteurs à explosion, associés à des améliorations de performance et de confort (il n'y a guère qu'une évolution incrémentale entre la vieille 2CV Citroën dont le premier modèle a été dévoilé au Salon de Paris le 7 octobre 1948 et délivrait une puissance de 9 HP, et le dernier modèle de Porsche GT3 [1991] qui certes utilise aussi un moteur « à plat », mais délivre 475 HP).

Figure 15 – Incremental vs. Major vs. Strategic vs. Radical innovation



8.3. Modèle de KANO, outil du marketing stratégique

Le modèle de Kano fait partie de la théorie de développement des produits et de la satisfaction des clients développée en marketing (et donc par les auteurs des sciences de gestion) dans les années 1980. Il classe les préférences des consommateurs en cinq catégories :

- Les **spécifications de base, ou incontournables** (« **must be quality** »), traduisent le fait que les clients considèrent que répondre à ces spécifications reste normal et indispensable. Dans un appel d'offres, cela se traduit par la mention de ces caractéristiques dans les « mandatory specifications », c'est-à-dire des éléments basiques qui doivent figurer dans le service (ou produit) rendu au client ;
- Les **attributs mono-dimensionnels** (« **one-dimensional quality** ») marquent les performances directes du produit ; ils induisent une non-satisfaction lorsqu'ils ne sont pas présents dans le produit ou le service, et une satisfaction lorsque présents pour le même prix ;
- Les **attributs attractifs** (« **attractive quality** »), induisent une véritable satisfaction lorsqu'ils sont présents dans les caractéristiques des produits, mais n'entraînent aucune baisse de satisfaction lorsqu'ils sont absents. Ils représentent une forme de bonne surprise pour le client ;

- Les **attributs non impactants** (« **indifferent quality** »), n'entraînent aucune variation positive ou négative de la satisfaction du consommateur selon qu'ils sont présents ou absents ;
- Les **attributs qui induisent une satisfaction adverse** (« **reverse quality** »), qui traduisent le fait que la grande variété des consommateurs ne se trouve pas sensible, et plutôt réfractaire, au fait qu'un même produit comporte de trop nombreuses caractéristiques.

La notion de « satisfaction » présente dans ce raisonnement reste très proche de la logique de l'utilité qui servait à décrire les comportements des consommateurs dans la théorie néoclassique de la révolution marginale, et en particulier dans les écrits de Carl Menger, Stanley Jevons ou Alfred Marshall. Il est tout à fait possible de remplacer le terme de satisfaction par le terme d'utilité dans la typologie supra, et il reste très important de nuancer les définitions proposées pour chaque catégorie par la démarche marginaliste.

Les **spécifications incontournables** (« **must be quality** ») représentent la base la plus importante du modèle de Kano. Elles s'inscrivent dans le portefeuille de caractéristiques indispensables qui permettent de traduire les attentes du client dans un produit ou dans un service. Le plus souvent, la liste de ces spécifications techniques permet d'introduire le prix-plancher pour le produit ou service. Ce n'est pas toutefois par rapport à ces caractéristiques que le consommateur décide son acte d'achat, car les mêmes spécifications peuvent caractériser à l'identique tous les produits disponibles pour le consommateur.

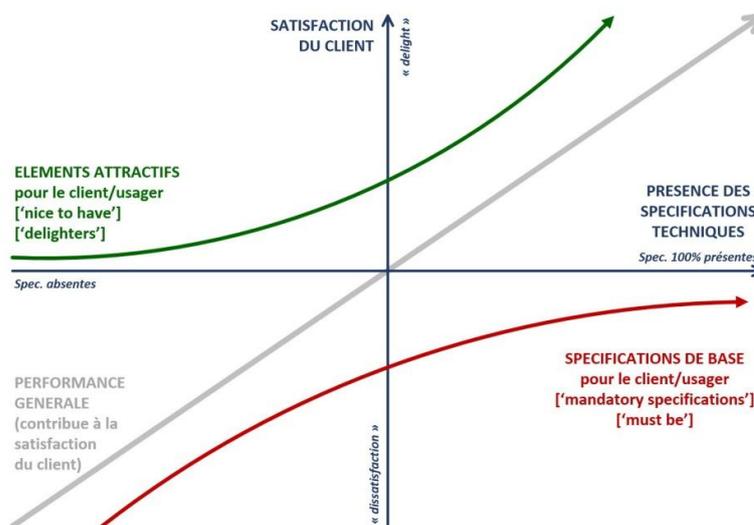
Les **attributs mono-dimensionnels** (« **one-dimensional quality** ») et les **attributs attractifs** (« **attractive quality** ») représentent les éléments différenciants qui justifient l'acte d'achat des clients.

Les **attributs mono-dimensionnels** (« **one-dimensional quality** ») sont associés à des spécifications techniques faciles à associer à une métrique de satisfaction. Ils ont une liaison directe avec la performance du produit ou du service (et sont donc mentionnés par l'axe de la performance sur le graphique infra). C'est ici, le plus souvent, que se trouve l'arbitrage avec les questions de coût (et que se met en place la logique de « design to cost »).

Les **attributs attractifs** (« **attractive quality** ») font partie du registre « nice to have ». Ils couvrent les caractéristiques du produit qui surprennent et attisent la curiosité, et la demande du client. La clé du modèle de Kano consiste à faire la liste des spécifications de ce genre qui vont susciter l'excitation du client et entraîner la préférence du client pour ce produit (ou service) précis face à la concurrence. Ce genre de spécifications permet de laisser place au « Wow factor » identifié en marketing comme un des déclencheurs de l'achat impulsif. Plus les consommateurs sont excités par ce genre de spécification, plus le produit détient le potentiel pour un succès commercial et des perspectives de marges commerciales élevées.

Ces trois catégories sont présentées sur le graphique infra.

Figure 16 – Modèle de KANO : spécifications techniques et satisfaction client



Source : Adapté de KANO et al. 1984.

Dans ce registre, le travail concret sur la définition des caractéristiques des produits complexe à porter sur le marché passe souvent par l'écriture de matrices de priorité où chaque attribut est confronté à son coût, et aux attentes du client. Le choix des caractéristiques techniques d'un produit ou d'un service renvoie à la mise en place de l'ensemble de ces opportunités d'arbitrage appréciées au niveau des responsables du marketing stratégique et de la logique technique liée à la mise en production, ou au soutien du produit. A partir des connaissances sur l'état du marché et des attentes de consommateurs pour les produits de la génération n, la matrice réalisée permet alors de sélectionner à la fois les spécifications techniques de la technologie à porter sur le marché à la génération n+1 et d'anticiper tout ce qui sera mis en place pour les générations ultérieures. Il y a alors la possibilité d'un véritable plan de montée en technologie pour les produits dans le temps.

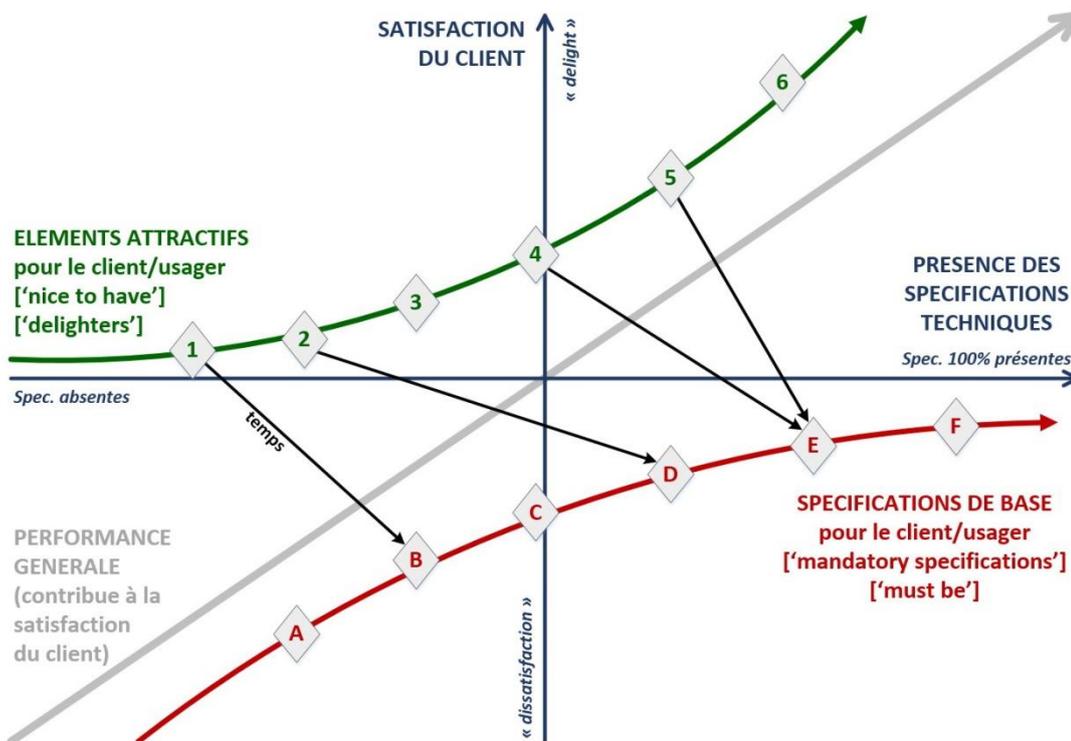
La dynamique de l'innovation est décrite par Kano comme un des grands facteurs explicatifs de cette catégorisation des attributs attractifs.

A travers la dynamique de l'innovation et les variations présentes sur le graphique, on touche de façon concrète à l'inscription du modèle de Kano dans la dynamique temporelle.

Chaque spécification technique change de qualification (et donc de catégorie) en fonction de la perception des consommateurs dans le temps, et de leur comparaison à la fois de l'ensemble des spécifications associées à chaque produit et des produits entre eux. La mise d'un produit sur le marché va donc se confronter à la logique générale d'un transfert progressif de certaines des caractéristiques « nice to have » (« attractive quality ») dans le registre des spécifications incontournables (« must be quality ») au fur et à mesure que le client s'habitue à trouver des spécifications attractives dans l'ensemble des produits disponibles sur le marché, ou que ses habitudes de comportement intègrent des spécifications « nice to have » dans la vie quotidienne.

La dynamique temporelle de l'évolution des spécifications techniques et des qualifications est représentée sur la figure infra.

Figure 17 – Dynamique temporelle sur les spécifications techniques dans le modèle de KANO



Source : Adapté de KANO et al. 1984.

8.4. Le modèle de conversion de la connaissance de NONAKA

Le modèle SECI a été introduit dans les écrits de Nonaka et Takeuchi dans les années 1990 à travers plusieurs ouvrages qui portaient sur la dynamique de création et de transfert de connaissance dans les entreprises japonaises en vue de favoriser le management de l'innovation.

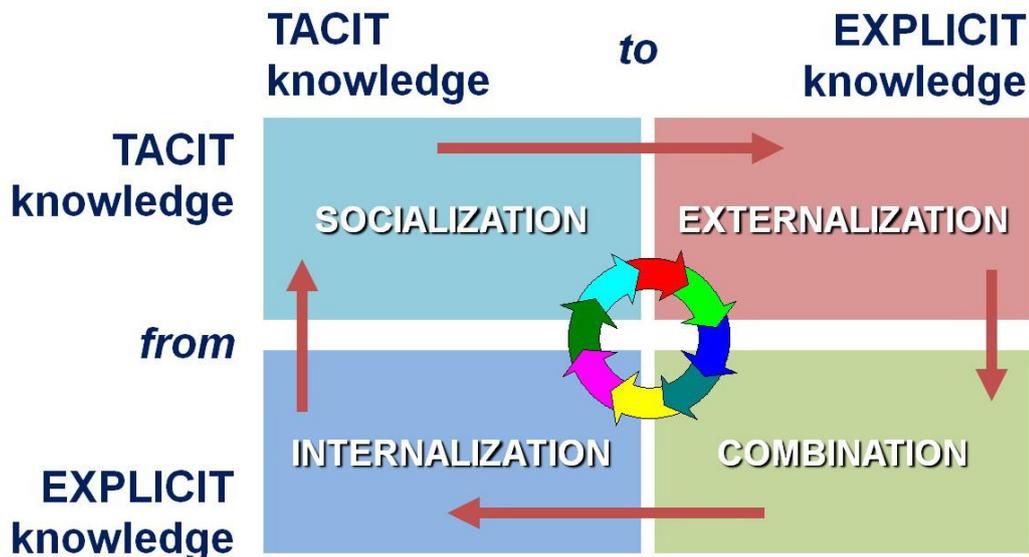
Le modèle SECI propose un cadre de management des processus organisationnels qui se cale sur les transferts de connaissance entre individus qui mobilisent des actifs de connaissances aux statuts différents. En pratique, Nonaka se réfère à la typologie usuelle entre connaissance tacite (imbriquée dans l'expérience d'un individu et difficile à transférer) et connaissance explicite (codifiée, formelle et les plus souvent écrite).

Le modèle SECI repose alors sur un mécanisme d'interaction sociale à partir de quatre cas :

- La **socialisation** correspond à l'interaction sociale entre individus qui partagent de la connaissance tacite ;
- L'**externalisation** décrit un mécanisme d'émission de la connaissance réalisé par des individus qui traduisent leur connaissance tacite en une connaissance explicite ;
- La **combinaison** décrit la phase où les individus associent divers éléments de connaissance explicite entre eux pour créer de nouvelles connaissances ;
- L'**internalisation** correspond à la phase où des individus, ou une organisation, transforme de la connaissance explicite en connaissance tacite incorporée dans les comportements des individus.

Le schéma de Nonaka passe d'une dimension à l'autre en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre, et entre dans un nouveau schéma de socialisation (à un niveau ultérieur) lorsque la phase d'internalisation est achevée. Cela justifie le recours à l'image d'une spirale pour décrire la succession des mécanismes SECI dans le temps au sein d'une organisation.

Figure 18 – Mécanisme de conversion de la connaissance de NONAKA

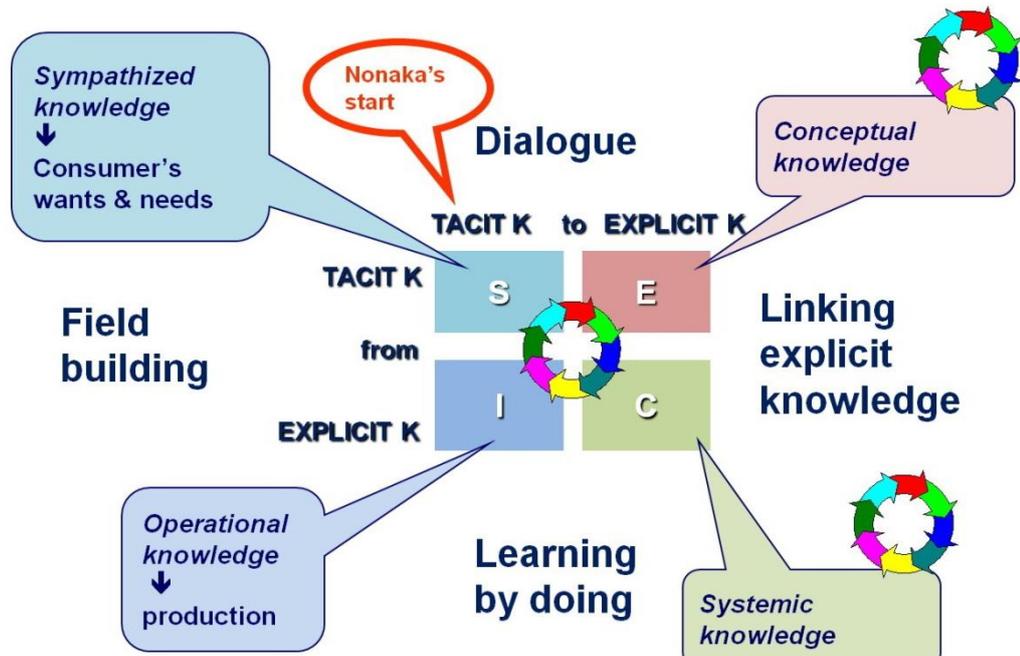


Source : Adapté de NONAKA, 1991.

Le schéma de Nonaka est supposé être bien adapté aux entreprises dont la culture repose largement sur des actifs de connaissance tacite, ainsi que le manifestent les entreprises et la culture japonaises. Les contributions scientifiques de Nonaka sont d'ailleurs largement empreintes de revendications (plus ou moins acceptables) sur le caractère tout à fait « supérieur » de la philosophie asiatique (en général) et japonaise (en particulier) pour expliquer les mécanismes de conversion de connaissance.

- Parmi les questions intéressantes sur le modèle de Nonaka, on peut mentionner deux aspects :
- Le processus de conversion de la connaissance reste globalement très linéaire, ce qui reste simpliste ;
 - La spirale peut-elle fonctionner à contre-sens par rapport aux textes de Nonaka ? Peut-elle sauter des étapes ?
- D'autres éléments sont présentés sur le schéma infra.

Figure 19 – Dynamique de la conversion de connaissance selon NONAKA



Source : Adapté de NONAKA, 1991.

8.5. Le « social learning cycle » de Max BOISOT

Le raisonnement installé par Max Boisot pour l'analyse de la conversion de la connaissance s'inscrit dans une démarche d'analyse de la valeur de la connaissance en termes de stratégie, afin de réaliser le lien avec les théories néo-kantiennes de la théorie de la connaissance en épistémologie. Le raisonnement de Boisot s'inscrit dans le prolongement direct des théories sur la « connaissance objective » (1972) de Popper.

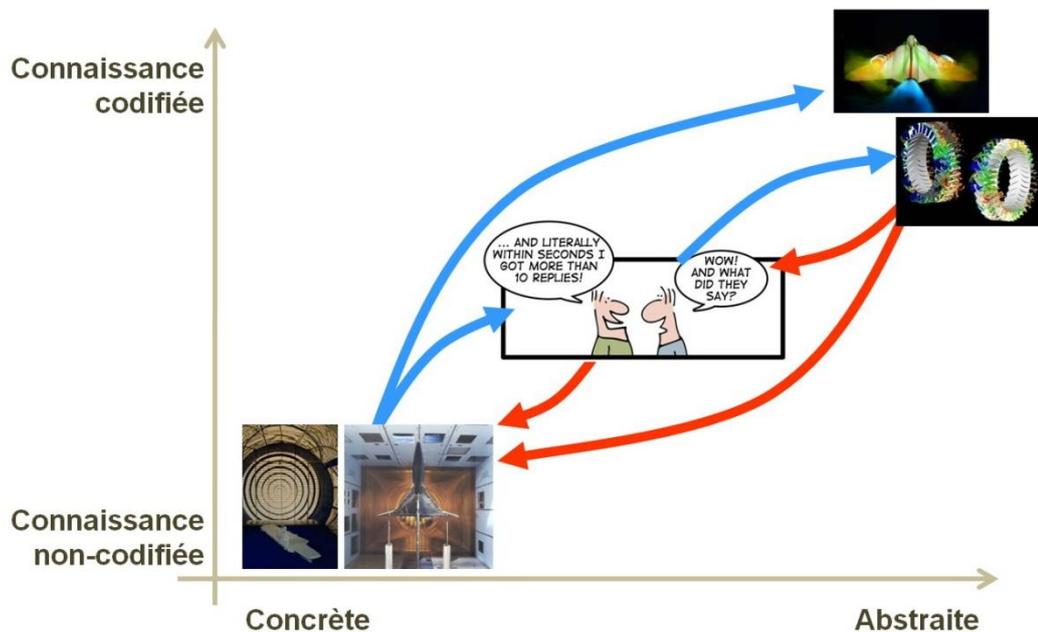
Le premier apport de Boisot consiste à développer un outil d'analyse du coût d'articulation de la connaissance en fonction de deux propriétés : la codification et l'abstraction. La logique de Boisot consiste à identifier que la connaissance peut être codifiée (ou non) dans les deux domaines de l'abstrait et du concret selon les caractéristiques des individus qui la portent.

- Lorsque la connaissance est à la fois **abstraite et codifiée**, on se trouve face au même type de contenu que celui qu'on va trouver dans une publication scientifique ou dans un brevet, ou dans un modèle mathématique.
- Lorsque la connaissance est **non-codifiée et concrète**, on retrouve les propriétés de connaissance identifiées par Nonaka dans la cas de connaissance « tacite », c'est-à-dire qu'on renvoie à une forme de connaissance imbriquée [embedded] dans l'expérience de l'individu.
- Lorsque la connaissance se trouve à la fois **codifiée et concrète**, cela signifie qu'elle est déjà codifiée (exprimée en mots) mais toujours reliée à l'expérience directe de l'individu dans un environnement particulier (l'environnement de son expérience), sans prise de recul et sans codification pour généraliser.

- Lorsque la connaissance se trouve **abstraite mais non codifiée**, on se trouve dans le cas assez particulier où un chercheur élabore son raisonnement sans savoir prendre un exemple concret, ou sans savoir gérer la prise de recul par rapport aux concepts.

On peut illustrer ces éléments sur le diagramme infra où le travail dans une soufflerie (en bas à gauche, dans la zone de connaissance non-codifiée et concrète) traditionnelle requiert de connaître ses particularités de fonctionnement pour pouvoir interpréter les phénomènes aérodynamiques, car les modes de mesure des flux d'air sur un mobile (maquette d'aéronef ou de bâtiment de surface) dépendent largement des conditions d'expérimentation spécifiques à la soufflerie. Sans connaissance fine et intime des particularités de la soufflerie, il reste impossible de réaliser une interprétation des phénomènes aérodynamiques constatés. La prégnance du caractère concret de la connaissance et de l'expérience directe du fonctionnement de la soufflerie conditionne le travail de test. A l'inverse, le recours à une soufflerie numérique conduit à appliquer des algorithmes préétablis et des codifications de comportement aérodynamiques qui portent la marque d'une connaissance abstraite (les algorithmes) très codifiée (les codes de couleurs qui manifestent les flux autour du mobile). La complexité des flux appliqués au mobile reste modulaire et l'interprétation des comportements aérodynamiques requiert toujours une forme de familiarité avec le modèle sous-jacent, mais ici il ne s'agit que de connaître les forces et les faiblesses d'un « modèle » abstrait alors que dans le cadre de la soufflerie traditionnelle, il convient de connaître et de comprendre les conditions matérielles concrètes de l'expérimentation.

Figure 20 – Articulation et analyse de la connaissance (codification vs. abstrait / concret) par Max BOISOT



Source : Adapté de BOISOT, 1998.

Le raisonnement de Boisot permet d'entrer dans l'analyse des mécanismes de conversion de connaissance à travers le concept d'articulation de la connaissance : la capacité à mobiliser de la connaissance pour résoudre un problème concret. La logique générale est alors celle du processus abductif ou hypothético-déductif mobilisée par Karl Popper dans le cadre de ses travaux en théorie de la connaissance (*Objective knowledge*, 1972). Le schéma consiste à confronter une tentative de théorie à un problème concret posé dans la vie de tous les jours ou dans la recherche scientifique, à confronter cette tentative de théorie à la réalité et à éliminer les erreurs du modèle théorique en se basant uniquement sur les contre-exemples (c'est-à-dire sur les cygnes « noirs » et non pas sur les cygnes « blancs »).

Le concept d'articulation de la connaissance est figuré sur l'axe des ordonnées de la figure infra, en faisant le lien avec la notion de coût d'articulation.

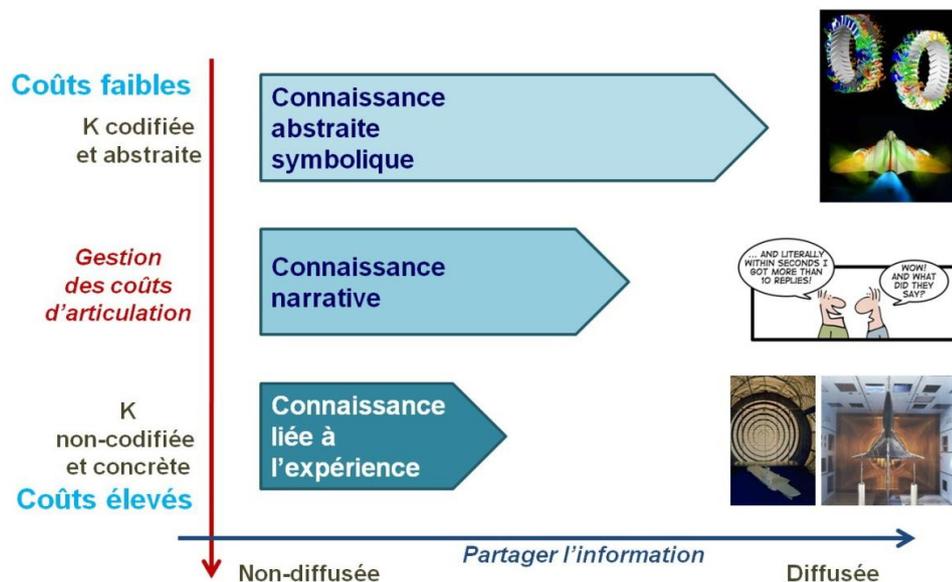
- Plus la connaissance est codifiée et abstraite, plus l'échange sur la connaissance s'en trouve facilité et, donc, *plus les coûts d'articulation seront faibles*.
- Plus la connaissance est imbriquée dans une expérience directe (non-codifiée) et plus elle se trouve associée à des objets concrets, *plus le coût d'accès à cette connaissance et son coût d'articulation seront élevés*.

L'axe des ordonnées peut donc figurer ici que le coût d'articulation est croissant en fonction du degré de non-codification et d'imbrication avec un terrain concret qu'il conviendra d'apprivoiser de façon détaillée si l'on veut pouvoir mobiliser cette connaissance et se la réappropriier pour l'utiliser dans un raisonnement. A noter que Boisot prévoit que la connaissance soit également associée à des situations intermédiaires en associant codifié et concret, ou non-codifié et abstrait. Dans ce cas, il devient possible de définir des zones intermédiaires dans la croissance du coût d'articulation qui vont figurer que la connaissance codifiée et concrète sera moins coûteuse à appréhender (et à mobiliser) que la connaissance non-codifiée et abstraite. En fait, toute connaissance non-codifiée reste plus coûteuse à appréhender que la connaissance codifiée.

Max Boisot introduit ensuite la notion de diffusion dans le raisonnement pour finaliser son appareil d'analyse de la connaissance. De façon assez intuitive, il ressort alors que toute forme de connaissance au coût d'articulation faible est facile à diffuser.

Sur la figure infra sont repris les trois familles de connaissance que manipule Boisot dans ses écrits : la **connaissance abstraite et symbolique** (le monde des lois scientifiques) reste très facile à diffuser car ses codes de compréhension permettent de l'interpréter de manière assez univoque. La **connaissance narrative** requiert des interactions plus directes pour éviter les mauvaises interprétations, ou alors elle ouvre à des divergences d'appréciation. Dans le cas de la littérature, la présence de possibilités de ré-appropriation et de transformation de la connaissance initiale représentent le but avoué de la création artistique. En revanche, cette logique ne peut pas prévaloir pour des activités managériales ou scientifiques. C'est la raison pour laquelle les scientifiques qui travaillent dans le concret sur des études de cas doivent passer beaucoup de temps à caractériser le contexte et les grilles d'interprétation du cas. Troisième cas, la catégorie de la connaissance non-codifiée et concrète, c'est-à-dire de la **connaissance liée à l'expérience**, pose des problèmes spécifiques de diffusion parce que ses coûts d'articulation sont très élevés et qu'ils supposent de partager l'expérience qui a conduit à l'émergence de la connaissance.

Figure 21 – Analyse de l'articulation de la connaissance par Max BOISOT avec la description des coûts associés aux différents types de connaissance



Source : Adapté de BOISOT, 1998.

Le cadre conceptuel introduit par Boisot permet donc de travailler sur deux aspects :

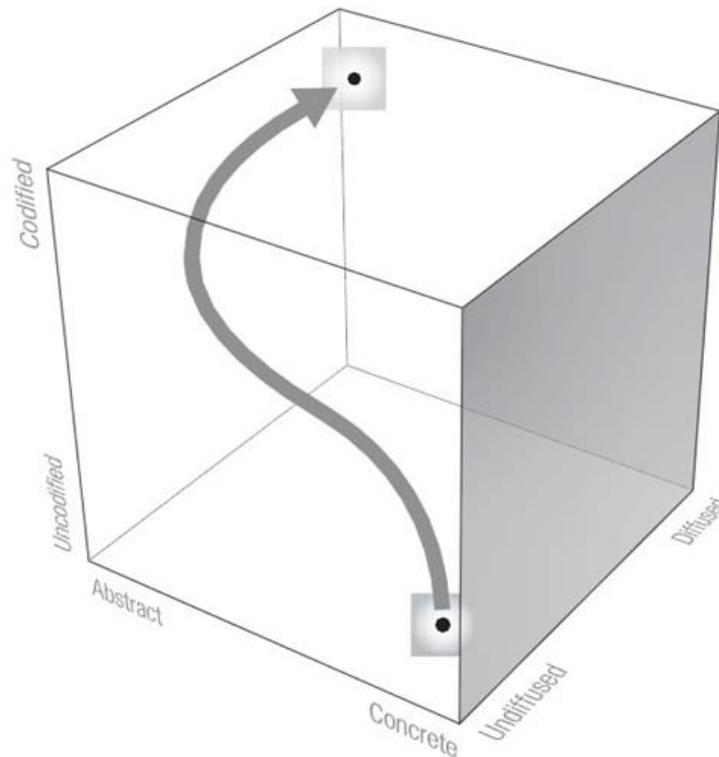
- la notion de **coût d'articulation** en prenant en compte deux dimensions distinctes de la connaissance (abstrait vs. concret ; codifié vs. non-codifié) ;
- la logique de **diffusion** de la connaissance, en utilisant cette question tantôt en identifiant ce qui est diffusable à partir du coût d'articulation, et parfois en caractérisant la diffusion pour apprécier ensuite les ressorts de l'articulation de la connaissance.

A la différence des revendications de Nonaka, Boisot ne crée pas un « modèle » car il s'inscrit totalement dans les cadres traditionnels de l'épistémologie (théorie de la connaissance) et du management stratégique. Il apporte des outils qui permettent de penser le lien entre l'analyse des mécanismes cognitifs et le management stratégique, en permettant de penser par exemple la notion de valeur de la connaissance sous la forme d'actifs qui font le lien avec les concepts de compétences clés dans une organisation, ou alors dans la perspective d'un portefeuille d'actifs de connaissance au service d'une mission.

Le cadre de la figure en deux dimensions mettant en relation les coûts d'articulation et la diffusion de la connaissance permet d'ailleurs de réaliser des diagnostics stratégiques comparant les portefeuilles de connaissances d'organisations ou encore des logiques de complémentarité des actifs de connaissance en vue de préparer des partenariats. Ce cadre d'analyse a été identifié par Boisot comme le « I-Space », pour « information space » et sert de socle à de nombreuses contributions en science des organisations ou en management.

Lorsque le raisonnement préserve le travail simultané sur les axes de la diffusion, de la codification et de l'abstraction, alors la représentation graphique utilise un modèle à trois dimensions. La figure infra illustre un mécanisme de conversion de la connaissance (ou « cycle d'apprentissage social » dans les textes de Max Boisot) pour identifier par quelles étapes passent les échanges successifs pour atteindre la possibilité de diffusion d'une connaissance. Ce genre de schéma peut être élaboré pour caractériser n'importe quelle compétence ou n'importe quel processus d'interaction basé sur des activités intensives en connaissance.

Figure 22 – Le « Social Learning Cycle » de Max BOISOT



Source : BOISOT, 1995.

9. ACTIVITES DE TERRAIN

L'étude a donné lieu à 47 entretiens approfondis et à 10 jours d'observation directe.

11. BIBLIOGRAPHIE

- Amin A. & Cohendet P. 2004, *Architectures of knowledge: firms, capabilities, and communities*, New York : Oxford University Press, 179 pages
- Arpagian N. & Delbecque E.(sous la direction de), (2008), *Pour une stratégie globale de sécurité nationale*, Dalloz
- Balconi M., Brusoni S, Orsenigo L. (2010), "In defence of the linear model: an essay", *Research Policy* vol 39 pp. 1-13
- Biazzo S. (2009), "Flexibility, structuration and simultaneity in new product development", *Journal of product innovation management*, 26, pp. 336-353
- Birkinshaw J. & Gibson C. (2004), "Building an ambidextrous organisation : how to create an organization that is aligned and adaptative at the same time", *AIM working paper*, Advance institute of management research
- Boisot, Max H., (1995), *Information space: a framework for learning in organizations, institutions and cultures*, London: Routledge
- Boisot, Max H., (1998), *Knowledge assets: securing competitive advantage in the information economy*, Oxford: Oxford Univ Press
- Burt R. (2005), *Brokerage and closure : an introduction to social capital*, Oxford university press
- Chesbrough H., Brunswicker S. (2013), *Managing open innovation in large firms*, Survey report Fraunhofer Verlag, 44 pages
- Cooper R.G. & Edgett S.J (2012) "Best practices in the idea-to-launch process and its governance" *Research Technology Management*, Mars-april, pp.43-54
- Cooper R.G. (2008) "Perspective : state gate idea-to-launch process – update, What's new and Next Gen Systems", *Journal of production and innovation management*, 25, pp. 213-232
- Cowan R., and Foray D. (1995), « Quandaries in the economics of dual technologies and spillovers from military to civilian research and development », *Research policy* 24, pp. 851-868
- Depeyre C. Dumez H. (2007) « Le rôle du client dans les stratégies de coopération », *Revue française de gestion* 176, p.99-110
- Dombrowski Peter, Gholz Eugene, Ross Andrew (2002), *Military transformation and the Defense industry after next*, Naval war college, Newport : Center of Naval War College.
- Foray D. (2004) *The Economics of Knowledge*, Cambridge Massachusetts: MIT press
- Gansler, J. (1995), *Defense Conversion: Transforming the Arsenal into Democracy*, The 20th Century Fund, USA
- Gibbons M., Limoges C., Niwotny H., Schartzman S., Scott P (2005) *The new production of knowledge: the dynamics of science in contemporary society*, London : Sage
- Granstrand O. (1998), "Towards a theory of the technology-based firm" *Research Policy* 27, pp. 465-489
- Hartley K. & Sandler T. eds: (1995), *The handbook of Defense economics*, Elsevier, North Holland.
- Hartley K. (1991), *The economics of Defense policy*, London: Brasseys.
- Hsiao R.H., Dun-Hou T., Ching Fang L. (2012), "Collaborative knowing : the adaptive nature of cross-boundary spanning" *Journal of management studies* vol. 49(3), pp. 463-491
- Hsiao R.H., Dun-Hou T., Ching Fang L. (2012), "Collaborative knowing : the adaptive nature of cross-boundary spanning" *Journal of management studies* vol. 49(3), pp. 463-491
- Koenig G. (2012), « Le concept d'écosystème d'affaires revisité », *Management* vol.15 (2) pp. 208-224
- LeTexier, Th. & Versailles D.W. (2009), « Open source software reshaping Defense-related management of technologies », *International Journal of Open Source Software & Processes (IJOSSP)*, volume 1, number 2 (April, June), pp. 14-27.
- LeTexier, Th. & Versailles D.W. (2011), « Vers un nouveau modèle de gouvernance de l'innovation pour les programmes de Défense et de Sécurité: la dynamique de l'innovation ouverte et des communautés 'Open Source' », special issue of *Economie et institutions*, nb 12&13, published in July 2011 with the date 2008-2009.
- March J.G. (1991), "Exploration and Exploitation in Organizational Learning", *Organization Science*, vol. 2 (1), Special Issue : Organizational Learning, pp. 71-87
- Mérindol V. & Versailles D.W. (2008), « Les entreprises liées à la Défense au XXIème siècle : quels enjeux pour une politique de sécurité globale? », chapter 5 (pp. 129-146) in *Pour une stratégie globale de sécurité nationale*, edited by Nicolas Arpagian and Eric Delbecque, prefaced by Alain Bauer, Paris: Dalloz
- Mérindol V. & Versailles D.W. (2010) "Dual use as knowledge oriented policy: France during the 1990-2000ies", *International Journal of Technology Management*, vol. 50(1), pp. 80-98

- Mérindol V. & Versailles D.W. (2013) « Le pouvoir de la firme dans les réseaux : une analyse en termes d'articulation des connaissances », AIMS Workshop « Capacités dynamiques et innovation », avril, Nice
- Mérindol V. (2003), « Politique d'innovation civile et militaire : complémentarité ou substitution ? », chapitre 3 in Versailles D.W., Mérindol V., Cardot P., *La recherche et la technologie ; enjeux de puissance*, Economica
- Mérindol V. (2004), « R&D de Défense et coordination civile-militaire », in ouvrage collectif *Dynamiques et stratégies d'innovation dans les économies contemporaines*, De Boeck universités.
- Mérindol V. (2005) "Defense R&DTE and knowledge management: A new inquiry into public-private coordination", *Defense and Security Analysis*, vol 21 (2)
- Mérindol V. (2009), *Gestion des compétences et gouvernance de l'innovation : la Défense dans l'économie fondée sur la connaissance*.
Collection « recherche en gestion » Economica, septembre, 250 pages
- Mérindol V. (2010), *Défense et Stratégie : penser autrement l'innovation*,
Collection Présage, édition Dalloz, 270 pages
- Mérindol V. (2013a) "La Défense comme usager innovant : nouvelles trajectoires technologiques et relations Etat –Industrie", *Gérer et comprendre*, en révision
- Mérindol V. (2013b), "The Defence in knowledge based economics: news challenges for the management for military innovation ", *Conference R&D Management 2012*,
revue R&D Management, en revision.
- Molas Gallart J. (1997), "Which way to go ? defence technology and the diversity of dual use technology transfer", *Research Policy* 26, pp. 367-385
- Moore J.F. (1993) "Predators and prey : a new ecology of competition", *Havard Business Review*, May-June.
- Mortara L. Minshall T. (2011), "How do large multinational companies implement open innovation ?"
Technovation 31, pp.586-597
- Mowery D. (2012) « Defense-related R&D as a model for « grand challenges » technology policies », *Research Policy* 41 (10) pp. 1703-1715
- Nonaka, I., (1991), "The knowledge creating company", *Harvard Business Review*, vol 69/6, pp 96-104
- Nonaka, I., & Takeushi, H., (1995), *The knowledge creating company: how Japanese companies create the dynamics of innovation*, New York: Oxford Univ Press.
- Nooteboom B. (2002), « A heuristic discovery », chapitre 9 in NOOTEBOOM B. *Learning and innovation in organizations and economics*, Oxford University Press, New York, p.170-189
- Patel P., Pavitt K. (1997) "The technological competencies of the world's largest firms: complex and path dependent, but not much variety", *Research Policy* 26 (2) pp. 141-156
- Pellegrin-Boucher E. & Gueguen G. (2005), « Stratégies de coopération au sein d'un écosystème d'affaire : une illustration à travers le cas de SAP », *Finance, contrôle, stratégie*, vol. 8 (1), pp. 109-130
- Piscitello L. (2004) "Corporate diversification, coherence and economic performance" *Industrial and corporate change* vol 13 (5) pp. 757-787
- Porter, M. (1980), *Competitive strategy*, New York: The Free Press, MacMillan
- Prencipe A. (2000), "Breath and dept of technological capabilities in COPS : the case of aircraft engine control system », *Research Policy* vol.29, pp.895-911
- Quintana Garcia C., Benavides Velasco C.A. (2008) "Innovative performance, exploration and exploitation : the influence of technological diversification" *Research Policy* 37, pp. 492-507
- Reid S.E. & Brentani U.D. (2004) "The fuzzy front end of New product Development for discontinuous innovations : a theoretical model", *Journal of Product innovation Management* vol 21(3) pp. 170-184
- Ronteau S. (2009), « Embrasser la condition de firme-pivot : dynamiques d'innovation de Dassault Systèmes dans son écosystème d'affaires », *Management et Avenir*, vol. 28, pp. 196-215
- Stowsky J. (2004) "Secrets to shield or share ? new dilemmas for military R&D policy in the digital age" *Research policy* 33, pp. 257-269
- Teece D.J., Pisano G., Shuen A., (1997), "Dynamic Capabilities and Strategic Management", *Strategic Management Journal*, vol. 18 (7), pp.1319-1350
- Thiétart, R.A. (dir) (2007), *Méthodes de recherche en management*, 3^{ème} édition, Paris: Dunod.
- Versailles D.W., Mérindol V., Cardot P., 2003, *La recherche et la technologie ; enjeux de puissance*, Economica

- Versailles D.W. & Mérindol V. (2007) « Learning adjustment speeds and the cycle of discovery : a case study in Defense R&D related to State-Industry and Academic research interactions », *Actes du Congrès annuel du Portland International Center for management of Engineering and Technology (PICMET 2007)*, Portland, USA.
- Versailles D.W. (2005), « Le maître d'œuvre dans les programmes d'armement : de l'émergence à la consolidation des réseaux de connaissances », *Revue d'économie Industrielle* n°112, pp. 83-105
- Versailles, D. W. (2011), « Les renouveau des politiques industrielles et technologiques pour la Défense et la Sécurité », introduction by the guest editor to the special issue of *Economie et institutions*, nb 12&13, published in July 2011 with the date 2008-2009.
- Wenger E., Dermott R., Snyder W.M. (2002) *Cultivating communities of practice*, Harvard Business School Press, Boston Massachusetts.

**© VM&DWV-ESGMS
for MinDEF (FR) OED
septembre-novembre 2014**