



HAL
open science

INNOVATION TECHNOLOGIQUE DUALE : UNE ANALYSE EN TERMES D'INFLUENCE ET DE COHERENCE

François-Xavier Meunier

► **To cite this version:**

François-Xavier Meunier. INNOVATION TECHNOLOGIQUE DUALE : UNE ANALYSE EN TERMES D'INFLUENCE ET DE COHERENCE. Economies et finances. Paris 1 - Panthéon-Sorbonne, 2017. Français. NNT: . tel-01620435v1

HAL Id: tel-01620435

<https://shs.hal.science/tel-01620435v1>

Submitted on 20 Oct 2017 (v1), last revised 30 May 2018 (v2)

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE DE PARIS I PANTHEON-SORBONNE



**ECOLE DOCTORALE EPS
(Economie Panthéon-Sorbonne)**

THESE pour le Doctorat en Sciences Economiques
(arrêté du 30 Mars 1992)

Présentée et soutenue publiquement par
François-Xavier Meunier
Préparée au sein de
l'Unité Economie Appliquée à l'ENSTA ParisTech

**INNOVATION TECHNOLOGIQUE DUALE :
UNE ANALYSE EN TERMES D'INFLUENCE ET DE
COHERENCE**

Thèse dirigée par Monsieur Richard Le Goff
Professeur associé à l'université Paris I Panthéon-Sorbonne

Soutenue le 15 Septembre 2017

JURY :

M. Didier BAZALGETTE Direction Générale de l'Armement
M. Jean-Bernard CHATELAIN, Professeur de l'Université Paris I – Panthéon-Sorbonne
Mme. Emmanuelle FAUCHART, Professeur de l'Université de Strasbourg
M. Roland LANTNER Professeur émérite de l'Université Paris I – Panthéon-Sorbonne
M. Richard LE GOFF, Professeur de l'ENSTA ParisTech
Mme. Nadine MASSARD Professeur de l'Université de Grenoble

Résumé :

L'objet de cette thèse est de traiter de l'innovation technologique duale en proposant une approche systémique du concept de dualité et en développant une méthodologie d'évaluation du potentiel dual des technologies. Le travail empirique repose sur l'analyse systématique de la production de connaissances au sein des grandes entreprises ayant une activité de défense. La première partie traite des transferts technologiques entre la sphère civile et la sphère de défense. Le concept de dualité y est abordé au travers du Système Dual d'Innovation (SDI) qui embrasse dans un cadre cohérent l'ensemble des composantes de la dualité (technologique, mais aussi organisationnelle et marchande, etc.). L'étude de la diffusion de la connaissance au sein du SDI permet de mesurer le potentiel dual des technologies. Dans la seconde partie, ce cadre d'analyse est appliqué aux plus grandes entreprises innovantes du domaine de la défense. L'analyse des portefeuilles de brevets de ces firmes révèle des interdépendances qui définissent des ensembles de connaissances synergétiques nommés Systèmes de Connaissances Technologiques (SCT). C'est le potentiel dual des 26 SCT ainsi définis qui est évalué par la suite à l'aide des outils de la cohérence technologique d'une part et ceux de la dominance économique d'autre part.

Mots-clés : économie appliquée ; dualité technologique ; innovation ; système de connaissances ; brevet ; théorie des graphes.

Centre d'Economie de la Sorbonne

Maison des Sciences Economiques

106-112 Boulevard de l'Hôpital

74013 Paris

Unité d'Economie Appliquée (UEA)

ENSTA ParisTech

828 Boulevard des Maréchaux

91120 Palaiseau

Abstract:

The purpose of this thesis is the treatment of technological innovation with a systemic approach of the concept of duality and a methodology for evaluating the dual-use potential of technologies. The empirical work is based on the systematic analysis of the knowledge production within large companies with a defense activity. The first part deals with technological transfers between the civil area and the defense area. The concept of duality is looked through the Dual Innovation System (DIS), which embraces in a coherent framework all the components of duality (technological, but also organizational and market, etc.). The study of knowledge diffusion within the SDI allows the assessment of dual-use potential of technologies. In the second part, this framework of analysis is applied to the largest innovative companies in the field of defense. The analysis of the patent portfolios of these firms reveals the interdependencies that define the synergistic knowledge sets known as Technological Knowledge Systems (TKS). It is the dual-use potential of the 26 SCT as defined, which is subsequently evaluated using technological coherence tools and those of economic dominance.

Keywords: applied economics; technological duality; innovation; system of knowledge, patent; graph theory.

Remerciements :

Au terme de ce travail, je souhaiterais adresser mes remerciements à tous ceux qui m'ont accompagné et soutenu pendant les trois dernières années. Sans eux, il m'aurait été impossible d'accomplir ce travail.

En tout premier lieu, je tiens à remercier le professeur Richard Le Goff d'avoir accepté d'être mon directeur de thèse. Il a su, par ses conseils avisés et ses orientations toujours judicieuses, m'aider à éviter les embûches qui jalonnent un travail de thèse. Je le remercie également pour l'intérêt qu'il a porté à mon travail et de s'être montré disponible pour discuter ouvertement des choix théoriques et méthodologiques que je souhaitais faire pour ma thèse. Enfin, en tant que directeur de l'Unité d'Economie Appliquée (UEA) je le remercie d'avoir inséré ma thématique de recherche dans les orientations du laboratoire.

Je remercie également les membres de mon jury, d'avoir accepté d'évaluer mon travail et qui m'ont fait le grand honneur d'accepter d'assister à ma soutenance manifestant ainsi leur intérêt pour ma recherche.

Au sein de l'UEA je tiens tout particulièrement à remercier Didier Lebert, qui a assumé un rôle majeur dans la coordination de mon travail. Il a toujours répondu à mes très nombreuses sollicitations avec diligence et a permis un échange extrêmement riche. Ses conseils et ses commentaires sont pour beaucoup dans le travail accompli et ils ont largement contribué à la clarté et à la cohérence de mes propos.

Plus largement je tiens à remercier tous les membres de l'UEA. Richard Le Goff et Didier Lebert, pour la confiance qu'ils m'ont témoignée, ainsi que pour les échanges enrichissants sur le plan académique et humain que nous avons eus. Merci également à Celia Zyla, Alejandro Joras, Cécile Fauconnet, les autres doctorants de l'UEA qui savent participer à l'ambiance chaleureuse du laboratoire et se montrent toujours disponibles pour discuter et réfléchir sur les problématiques de chacun. Je tiens aussi à saluer les autres membres de

l'UEA, en particulier Roland Lantner dont les travaux m'ont beaucoup apporté, mais aussi Barbara Despiney, Hafida El-Younsi, Fabrice Lequeux, Murielle Tabariés et Yves Thépaut, qui notamment lors des séminaires de l'UEA m'ont prodigué leurs conseils et fait part de leurs commentaires contribuant ainsi à la maturation de mon travail. Enfin, je tiens à remercier Jonathan Bainé, Satya-Lekh Proag, Vin Hao Nguyen qui, même s'ils ne sont plus membres du laboratoire aujourd'hui ont su m'accueillir et me faire bénéficier de leur expérience à mon arrivée. Par ailleurs, ce travail n'aurait pas été possible sans le personnel de l'ENSTA ParisTech qui a su m'accueillir et m'offrir des conditions de travail remarquables. Je pense en particulier à Annie Jonquai qui souriante et disponible m'a offert une aide précieuse dans mes démarches administratives.

Je tiens aussi à remercier tous ceux qui ont enrichi mon travail. Je pense notamment à Renaud Bellais qui m'a fait bénéficier de son expérience et s'est montré toujours disponible pour discuter de mon travail avec moi.

Je tiens enfin à exprimer ma profonde gratitude à ma famille, mes amis et mes proches qui m'ont montré un soutien indéfectible durant ce long travail. Je pense évidemment à mes parents Marie-Hélène et François et à mes frères Louis et Jean-Baptiste qui m'ont fait confiance et m'ont soutenu. Je pense particulièrement à ma mère qui a pris le temps de me relire de me corriger et de me prodiguer de nombreux conseils. Je pense à mes amis qui m'ont supporté pendant cette période et m'ont offert leur aide, Héloïse et Marguerite notamment. Je pense aussi à ceux qui ont su me motiver dans mon travail Bruno, Marceau, Lyna, Louise et tous les autres. A vous tous, et à ceux que je ne cite pas mais que se reconnaîtront je vous suis profondément reconnaissant.

« Le couple aimant ne recherche pas une chimérique fusion. C'est l'expression de la dualité créatrice, de l'union dans la différence, de l'ardente alliance de deux libertés. »

Journal de Jacques, comte de Bourbon-Busset

L'université de Paris I Panthéon-Sorbonne n'entend donner aucune approbation ou improbation aux opinions émises dans cette thèse ; ces opinions doivent être considérées comme propres à leur auteur.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	13
PARTIE 1 : CONSTRUCTION D'UN CONCEPT OPERATIONNEL DE DUALITE	
TECHNOLOGIQUE.....	29
Introduction	29
Chapitre 1 : Un cadre d'analyse de la dualité technologique fondée sur une approche en termes de système d'innovation.....	31
Introduction	31
1. Revue de la littérature	32
1.1. L'objet dual	33
1.2. L'organisation de la dualité	48
1.3. Structuration des approches.....	65
2. Le « Système Dual d'Innovation ».....	68
2.1. Les systèmes d'innovation.....	68
2.2. Définition du système dual d'innovation.....	75
Conclusion.....	81
Chapitre 2 : La diffusion de la connaissance comme vecteur de la dualité au sein du Système Dual d'Innovation.....	83
Introduction	83
1. « Systèmes de Connaissances Technologiques » et diffusion des connaissances.....	84
1.1. Le système de connaissances comme unité d'analyse.....	85
1.2. La diffusion de la connaissance.....	100
2. Processus de diffusion de la connaissance et dualité.....	115
2.1. La connaissance duale	116
2.2. Processus dual de diffusion de la connaissance	125
Conclusion.....	133

Conclusion	135
PARTIE 2 : OUTILS METHODOLOGIQUES ET ETUDE EMPIRIQUE DE LA DUALITE DES SYSTEMES DE CONNAISSANCES TECHNOLOGIQUES	137
Introduction	137
Chapitre 3 : Identification des SCT au sein d'un environnement de connaissances	
« défense »	143
Introduction	143
1. Théorie de la dominance économique et analyse des flux de connaissances	144
1.1. Théorie de la dominance économique.....	144
1.2. Application à l'analyse des connaissances par le biais des brevets.....	161
2. Application de la TGI à l'identification des SCT	167
2.1. Méthode d'identification des SCT	167
2.2. Application aux flux de connaissances	174
Conclusion.....	178
Chapitre 4 : Evaluation du potentiel dual des Systèmes de Connaissances	
Technologiques grâce à une analyse en termes de cohérence	
Introduction.....	181
1. La cohérence technologique	182
1.1. Théorie des « liaisons » et cohérence.....	182
1.2. Application à l'analyse des portefeuilles de brevets.....	189
2. Echelle de la dualité portant sur la structure interne du SCT	199
2.1. Les indicateurs	199
2.2. Analyse de la dualité des SCT.....	208
Conclusion.....	233
Chapitre 5 : Analyse de l'influence duale des Systèmes de Connaissances	
Technologiques	
Introduction.....	235

1. Influence et dualité	237
1.1. L'influence interne et l'influence externe.....	237
1.2. Les mesures de l'influence	247
2. L'analyse duale de l'influence.....	257
2.1. Les indicateurs	257
2.2. Analyse de la dualité des SCT.....	269
Conclusion.....	288
Conclusion	289
CONCLUSION GENERALE.....	291
BIBLIOGRAPHIE	301
ANNEXES	331
LISTE DES FIGURES	389
LISTE DES TABLEAUX	392

INTRODUCTION GENERALE

Depuis la fin de la guerre froide, la disparition de « l'ennemi » clairement désigné rend moins évidente la justification stratégique de la dépense militaire. Aujourd'hui, de manière encore plus prégnante, en raison des fortes contraintes budgétaires qui pèsent sur les pays développés, se pose la question de l'impact de la défense sur les performances économiques globales du pays. Le rôle moteur de l'innovation technologique de défense au sein des systèmes nationaux d'innovation semble constituer un argument pour le maintien de cette dépense. Or, depuis la fin des années 1980, l'initiative technologique attribuée à l'industrie de défense est remise en cause ; c'est la fin du paradigme des retombées (Alic *et al.*, 1992.). La dépense militaire devient aussi, d'un point de vue purement économique, plus difficile à justifier. Une nouvelle manière de percevoir la relation entre le domaine militaire et le civil émerge. Elle propose une vision qui s'inscrit dans la durée entre retombées technologique du militaire vers le civil « *spin-off* » et absorptions technologiques « *spin-in* » du civil vers le militaire qui s'alternent (Dombrowsky *et al.*, 2002).

Cet impact économique du secteur de la défense peut être abordé par le biais des dépenses militaires. Deux questions de recherche, encore largement discutées aujourd'hui et imbriquées l'une dans l'autre, ont été principalement traitées à l'aide de cette entrée. D'abord, la question de l'influence de la dépense militaire sur la croissance (p.ex. Chan, 1985, Ram, 1995, Dunne *et al.*, 2005). Cette relation dépense de défense-croissance passe par trois principaux canaux. Le premier repose sur le concept de multiplicateur keynésien, l'idée étant que la dépense militaire exclusivement publique constitue une voie privilégiée pour obtenir un effet multiplicateur. Le second se résume en l'influence de la sécurité et de la paix sur la croissance en tant que conditions nécessaires à la bonne marche d'une économie. Le dernier

canal pose la question de l'existence d'un effet d'éviction lié aux dépenses en Recherche et Développement (R&D) à destination de la sphère militaire (Malizard, 2014).

Ensuite, en relation avec le dernier point évoqué ci-dessus, la question de la dualité émerge et rencontre un large écho dans la communauté scientifique. La définition la plus simple est certainement celle mise en avant par le Ministère de la Défense : « dont les résultats doivent permettre des applications militaires et civiles » mais elle ne permet pas de l'appréhender dans toute sa complexité et la notion de dualité retient encore aujourd'hui plusieurs acceptions dont aucune ne fait consensus, tant du point de vue académique qu'opérationnel.

Dans les années 1980, la dualité est présentée notamment aux Etats-Unis comme un moyen de faire bénéficier aux secteurs civils des dépenses militaires en R&D (Quenzer 2001 ; Uzunidis et Bailly, 2005). La dualité est alors en quelque sorte un argument allant à l'encontre de l'existence d'un effet d'éviction. Dès lors, les relations entre la production de défense et la production civile constituent un champ d'analyse majeur pour les économistes de la défense. A cet égard, le concept de dualité est très souvent mobilisé, notamment depuis la fin de la guerre froide et fait l'objet de nombreux travaux (Gummett et Reppy, 1988, Alic *et al.*, 1992 ; Cowan et Foray, 1995 ; Molas-Gallart, 1998 ; Kulve et Smit 2003 ; Mérindol et Versailles, 2010 etc.). La notion de dualité est mobilisée afin de mieux comprendre les connexions entre la Base Industrielle et Technologique de Défense et le reste du tissu économique. Le développement des principes qui la soutiennent constituerait une opportunité afin d'améliorer la performance économique et technologique des dépenses militaires et ainsi leur rendre, d'un point de vue économique, leur légitimité. En effet, en favorisant les synergies entre innovation civile et militaire, on peut potentiellement optimiser le coût de la politique de défense et améliorer la capacité d'innovation du pays.

Néanmoins, une vision opposée de la dualité a progressivement émergé et se développe aujourd'hui en parallèle. Pour les tenants de ce point de vue, ce rapprochement entre innovation de défense et innovation civile est perçu comme un risque de dissémination des technologies militaires en général et des systèmes d'armement en particulier (Alic, 1994 ; Tucker, 1994 ; Bonomo et al, 1998 ; Meier et Hunger, 2014). Dans ce paradigme, d'une part, la dualité affaiblit les capacités des états à contrôler la diffusion des technologies ce qui faciliterait leur acquisition par des puissances ennemies ou non alliées. Et d'autre part, rendrait les technologies militaires accessibles à des groupes non étatiques qui constituent alors une nouvelle menace pour les Etats. Dans cette optique, la dualité viendrait donc réduire la performance de la dépense militaire en tant que garant de la paix et constituerait un risque pour la sécurité globale et la stabilité économique.

Plus tard, d'un point de vue microéconomique, la dualité est apparue comme une opportunité de diversification de l'activité des firmes de défense (Mérindol et Versailles, 2015a). Si le secteur aéronautique fait en la matière figure de précurseur, aujourd'hui aucun secteur industriel concerné par le domaine militaire n'est épargné par une dualisation du marché et la problématique de la dualité constitue désormais un élément clef de la stratégie des firmes de défense (Mérindol et Versailles, 2015a, 2015b ; Depeyre 2013).

Par ailleurs, les intégrateurs de système sont particulièrement en pointe dans ce rapprochement entre civil et défense (Prencipe, 1997, 2000 ; Hobday, 1998, Hobday *et al.*, 2005 ; Gholz, 2002 ; Sapolsky, 2003 Lazaric *et al.*, 2011). En effet, en tant que tels ils sont amenés à agréger de plus en plus de technologies qui ne sont pas toujours l'apanage des industriels de la défense (p.ex. les semi-conducteurs, ou les télécommunications) et doivent ainsi être en mesure de s'approprier ou encore « d'absorber » des technologies qui n'étaient pas forcément initialement pensées pour l'application militaire. Inversement, si la compétence d'intégrateur de système s'est à l'origine développée au sein de l'industrie de défense, elle est

aujourd'hui largement répandue au sein de nombreuses grandes entreprises civiles. Cette compétence permet à ces industriels, notamment ceux ayant recours aux hautes technologies, d'associer un large spectre technologique au sein de leur production dont certaines en provenance du domaine militaire. Ainsi dans la sphère de défense comme dans la sphère civile, les entreprises bénéficient des avancées techniques de différents secteurs d'activités par le biais de transferts technologiques.

Enfin, cette dualisation peut être abordée comme un rapprochement des appareils productifs civils et militaires (Guichard et Heisbourg, 2004 ; Guichard, 2004a, 2004b ; Bellais et Guichard, 2006 ; Serfati 2005, 2008). En 1995, The *U.S. Congressional Office for Technological Assesment* désigne la dualité comme le processus de fusion entre la Base Industrielle et Technologique de Défense (BITD) et la plus vaste Base Industrielle et Technologique Marchande (BITM) dans une seule Base Industrielle et Technologique Nationale (BITN) (OTA, 1995). Dans son acceptation la plus intégrée, la dualité est alors définie comme une organisation visant la co-production technologique et industrielle entre la sphère de défense et la sphère civile. Cette dissolution de la frontière entre technologie de défense et technologie civile (si elle a jamais existé) offre l'opportunité aux deux sphères de collaborer dans la recherche et le développement des technologies afin de bénéficier au mieux des compétences et des connaissances autrefois scindées dans deux environnements.

Dans cette dernière approche, l'usage de matériel civil dans un cadre militaire comme lors d'un achat sur étagère du Ministère de la Défense, ou inversement, quand une industrie s'approprie une technologie initialement destinée à la défense, ne constituent plus alors un déterminant du niveau de dualité. Celle-ci ne se définit plus qu'en termes de communalité et de cohérence technologique entre les systèmes et les « méso-secteurs » technologiques à l'image de l'approche proposée par R. Guichard (Guichard, 2004a, 2004b). L'enjeu devient alors de classer les technologies pour pouvoir évaluer la dualité. En ne considérant plus les

usages comme un déterminant de la dualité, il devient alors possible de diminuer le biais de l'analyse liée aux fluctuations des politiques d'achats des Ministères de la Défense. De plus, si les usages sont déterminants pour juger de la criticité d'une technologie pour les opérations de défense, ils ne rendent en revanche aucunement compte d'une transversalité technologique potentielle. L'usage d'une technologie ne dit rien de ses caractéristiques technologiques. Ici, il est donc question d'une distinction majeure sur laquelle l'objet de cette thèse repose. Il s'agit de différencier l'usage dual d'une technologie (dualité en termes de marché) et une innovation duale (dualité en termes de production).

Outre la dualité, le second thème abordé dans cette thèse, et qui découle du premier, est celui de l'innovation technologique en tant que telle. L'innovation peut être abordée par le biais de la définition proposée par la deuxième édition du Manuel d'Oslo, à savoir : « Les innovations technologiques de produits et de procédés (TPP) couvrent les produits et procédés technologiquement nouveaux ainsi que les améliorations technologiques importantes de produits et de procédés qui ont été accomplies. Une innovation TPP a été accomplie dès lors qu'elle a été introduite sur le marché (innovation de produit) ou utilisée dans un procédé de production (innovation de procédé) » (OCDE/Eurostat, 1997, p.130). Dans cette acception, c'est l'essence même de l'innovation que de fournir aux firmes un avantage concurrentiel. En cela, elle reprend la position notamment défendue par Porter (1985) qui la présente comme la clé de la compétitivité des entreprises qui, pour l'entretenir de façon durable sur des marchés qui évoluent sans cesse, doivent la positionner au cœur de leurs stratégies.

Aussi, les entreprises sont au cœur du processus d'innovation, mais lorsqu'elles parviennent à saisir des opportunités technologiques elles n'ont fait que le premier pas et il leur revient de protéger cet avantage afin d'en profiter (Teece, 1986). Il existe alors différents régimes de protection mis en place par l'entreprise qui présentent différents niveaux de performances en termes de degrés d'appropriabilité (Dosi, 1988, p. 1139). Les dispositifs

d'appropriation communément identifiés sont au nombre de six (Levin *et al.*, 1985) : les brevets, le secret, les délais, les effets de la courbe d'apprentissage, le coût et le temps requis pour la duplication et les efforts de vente et de services de qualité supérieurs. Tandis que les brevets sont reconnus comme un mécanisme performant d'appropriation des innovations de produit, le secret, les délais, les effets de la courbe d'apprentissage sont considérés comme efficaces pour la protection des innovations de procédés. Il est toutefois difficile d'appréhender ces derniers, pour ne pas dire impossible, au moins pour ce qui relève du secret, très prégnant dans l'industrie de défense.

La technologie fait l'objet d'une attention particulière de la part des économistes qui cherchent entre autre à définir précisément ce que recouvre ce terme. Dans de nombreuses approches la technologie – qui est parfois aussi appelée technique – ne se résume pas à un artefact. Elle se compose évidemment d'un ou plusieurs artefacts, mais réunit aussi en son sein des systèmes techniques, des connaissances, un milieu social ou encore des usages (Gille, 1978 ; Pinch et Bijker, 1984 ; MacKenzie 1993 et 1998 ; MacKenzie et Wajcman, 1999 ; Bijker, 2010).

Dans ces approches, la connaissance joue un rôle capital à l'image de ce qu'affirment Carlsson et Stankiewicz (1991) qui présentent la technologie comme « un flux de connaissances et de compétences ». Les connaissances sont le socle des systèmes technologiques et permettent de les distinguer les uns des autres. Or en la matière les économistes font une distinction fondamentale entre connaissances codifiées et connaissances tacites (Polanyi, 1983). La connaissance codifiée est explicite et peut facilement faire l'objet de transaction par le biais d'un support (p.ex. brevet) sur lequel elle est transcrite. La connaissance tacite comprend des savoirs faire qui sont le plus souvent rattachés à un individu ou à une organisation ce qui rend la marchandisation plus délicate.

Néanmoins, même codifiée la connaissance technologique ne se transfère pas comme une simple information et implique des coûts afin d'acquérir les connaissances non formalisées ou encore les compétences organisationnelles nécessaires pour l'exploiter (Mansfield, 1981). Ainsi, si l'étude des connaissances s'avère un moyen de comprendre la structuration des systèmes technologiques, l'analyse doit s'efforcer de capter, au-delà de sa part formelle, les aspects informels qui y sont irrémédiablement associés. L'équilibre entre savoir codifié et savoir tacite fera l'objet d'une attention particulière dans cette thèse (Cowan et Foray, 1997 ; Gorz, 2003 ; Dosi, 2009).

Une littérature économique abondante explore la diffusion des connaissances et, en suivant la présentation qui vient d'être faite, de la technologie. Il apparaît nécessaire de se pencher sur cette littérature pour analyser l'innovation technologique duale. En la matière, les études empiriques mobilisent en majorité les données de brevets. Ces données pour identifier les flux de connaissances sont validées par une grande diversité des domaines d'application. Elles furent notamment utilisées pour identifier les transferts géographiques de connaissances (Jaffe *et al.*, 1993 ; Autant-Bernard et Massard, 2000), et les flux de connaissances au sein de consortiums de recherche (Ham *et al.*, 1998). Certains les ont exploitées pour valoriser les retombées de l'innovation (Trajtenberg, 1990) ou pour étudier le rôle des inventeurs dans les transferts de connaissances (Jaffe *et al.*, 2000). Enfin, de nombreux travaux reprenant les citations de brevets comme outil d'analyse examinent les retombées de connaissances ou économiques en provenance de la recherche publique (Jaffe, Trajtenberg, 1996 ; Henderson *et al.*, 1998).

L'analyse de la diffusion technologique entre la sphère de la défense et la sphère civile, que ce soit dans le cadre précis de la dualité ou celui plus large des transferts technologiques, fait en revanche peu appel aux données de brevets. Lorsqu'elles sont mobilisées par les économistes de la défense, les données de brevets sont principalement

utilisées pour décrire la situation au sein du domaine en lui-même (Gallié et Mérindol, 2015). Tout juste peut-on citer les travaux de Chinworth (2000a, 2000b) sur la dualité au Japon ou encore ceux de Acosta *et al.* (2011) qui traitent de classes technologiques spécifiques pour en évaluer le niveau de dualité. Plus indirectement liés à la dualité d'autres travaux utilisant les données de brevets prennent en compte la problématique défense dans leurs analyses pour montrer par exemple que les transferts technologiques de la R&D publique vers les secteurs marchands sont influencés par le caractère défense des innovations (Chakrabarti et Anyanwu, 1993a 1993b).

Dans cette thèse c'est donc par le biais d'une analyse de la diffusion des connaissances que sera abordée l'innovation technologique duale. Pour cela, deux cadres théoriques sont mobilisés.

Le premier est le cadre de la cohérence. Il apparaît dans les années 1990 à travers les travaux de Teece *et al.* (1994) qui étudient les stratégies de diversification des grandes entreprises. Les analyses de cohérence portent à l'origine sur l'articulation entre activités productives au sein des entreprises. Elles sont par la suite adaptées et enrichies afin d'apprécier la cohérence technologique des firmes diversifiées (Piscitello, 2000), des secteurs industriels (Krafft *et al.*, 2011) ou encore de programmes technologiques (Cohen, 1997). Ces études permettent de mieux comprendre la manière dont les connaissances se structurent dans l'entreprise. La thèse fournit un travail original qui mobilise la cohérence technologique pour comprendre la dualité.

Le second est le cadre de la dominance. La Théorie de la Dominance Economique (TDE) permet d'investiguer les relations asymétriques qui existent entre différentes entités en interaction dans un réseau. La TDE prend ses origines dans les travaux de Perroux (1948) sur les relations de pouvoir entre régions et nations dans les échanges internationaux. La TDE

dispose d'un outil, la Théorie des Graphes d'Influence (TGI, Lantner, 1974) qui discerne notamment les dépendances et les interdépendances entre les entités.

Comme le souligne Lantner (1974), l'intérêt de la TGI est de pouvoir appréhender, au sein de n'importe quelle structure représentable sous la forme d'un système linéaire, l'influence « globale » d'une entité A sur une entité B. Or, cette influence globale ne peut être étudiée sans prendre en compte ce qui se passe dans le reste de la structure. Les liens qu'entretient A avec C, D, etc., impactent et amplifient l'influence qu'il émet directement sur B (Lantner et Lebert, 2015). La thèse applique la TGI au réseau des échanges de connaissances technologiques pour mieux appréhender les processus de diffusion cognitive entre les sphères civile et de défense.

Cette thèse traite de la dualité sous l'angle de l'innovation technologique. Sur le plan théorique, la thèse propose par le biais d'une approche systémique (Guichard et Heisbourg, 2004 ; Mérindol, 2004 ; Bellais et Guichard, 2006 ; Serfati, 2005) un cadre d'analyse global pour le concept de dualité ainsi qu'une approche des technologies (Pinch et Bijker, 1984 ; Carlsson et Stankiewicz, 1991 ; Carlsson *et al.*, 2002 ; Bijker 2010) permettant l'évaluation de leur potentiel dual. Le travail empirique repose sur l'analyse systématique de la production de connaissances (Jaffe, 1986 ; Jaffe Trajtenberg, 2002 ; Verspagen, 2004 ; Jaffe et al., 2005) au sein des grandes entreprises ayant une activité de défense (Serfati 2005, 2008). Il mobilise à la fois les outils issus de la théorie de la cohérence technologique (Teece et al., 1994 ; Cohen, 1997 ; Piscitello, 2000 ; Krafft *et al.*, 2011) et ceux issus de la théorie de la dominance économique (Perroux, 1948, 1973, 1994 ; Lantner 1972a, 1972b, 1974 ; Lantner et Lebert, 2015).

Cela revient à se demander en quoi les connaissances et leur diffusion entre les systèmes technologiques permettent d'évaluer un potentiel dual et à caractériser les modalités d'interaction entre la sphère civile et la sphère défense.

En cherchant à comprendre quels sont les mécanismes de diffusion de l'innovation technologique duale, ce travail répond à trois principaux enjeux.

Le premier enjeu consiste à définir l'innovation technologique duale et à proposer un cadre d'analyse afin de l'étudier. Pour saisir cet enjeu, il est avant tout primordial de comprendre que la dualité est une notion relativement floue revêtant de nombreuses caractéristiques selon l'interprétation qui en est faite (Cowan et Foray, 1995 ; Kulve et Smit 2003 ; Guichard et F. Heisbourg, 2004 ; Mérindol et Versailles, 2010). Les industriels de défense assimilent la dualité à une forme de diversification de marché, alors que les pouvoirs publics la perçoivent comme un moyen d'assouplir une contrainte budgétaire (Gutman, 2001) tout en bénéficiant de nouveaux relais d'innovation ; ces deux exemples montrent que la dualité est un concept protéiforme. Afin de traiter de sa composante technologique, tout en conservant à l'esprit cette complexité, la thèse propose un cadre d'analyse qui repose sur une conception stricte du concept, fondée sur le principe de co-production technologique entre la sphère de défense et la sphère civile. Ainsi, dans le cadre de ce travail, la dualité se distingue des transferts technologiques (Molas-Gallart, 1998), et les proximités dans la production technologique entre la sphère civile et la sphère de défense jouent un rôle essentiel dans la structuration d'une innovation duale (Guichard et Heisbourg, 2004 ; Mérindol et Versailles, 2010).

Le deuxième enjeu consiste à définir la manière dont il convient d'analyser la dualité. Il s'agit de concevoir un ensemble d'outils visant à évaluer le potentiel dual des technologies. Dans ce but, en conformité avec le cadre d'analyse présenté ci-dessus, il est nécessaire de

déterminer le potentiel de co-production technologique entre la sphère de défense et la sphère civile. Or, en économie, il est traditionnel de définir une technologie en fonction des connaissances qui la composent (Carlsson et Stankiewicz, 1991). Ce sont ces connaissances qui, soit prises comme des briques individuelles, soit prises comme un ensemble articulé, confèrent à une technologie ses caractéristiques. C'est donc en étudiant la production de connaissances dans le civil et dans la défense qu'il est possible de mesurer leurs capacités à produire ensemble des technologies ayant des caractéristiques, si ce n'est identiques, tout du moins compatibles. Par ailleurs, appréhender cette question par le biais des connaissances comporte l'avantage d'éviter de juger *a priori* de l'usage qui pourrait être fait des technologies et offre ainsi une démarche à la fois indépendante et complémentaire de celle de l'expert. Cela permet de définir un ensemble d'outils pour mesurer le potentiel dual de n'importe quelle technologie en mobilisant des cadres théoriques inédits dans l'analyse de la dualité que sont : la théorie de la cohérence technologique (Teece *et al.*, 1994 ; Piscitello, 2000) et la théorie de la dominance économique (Perroux, 1948).

Le dernier enjeu est de comprendre l'influence de la dualité sur la production de connaissances. Cela conduit à repositionner l'innovation technologique duale dans son environnement global. En effet, au-delà de mesurer le potentiel dual d'une technologie, l'enjeu est ici de mieux comprendre quels rôles la sphère défense d'une part et la sphère civile d'autre part jouent dans la structuration des connaissances liées à l'innovation duale. Or, la conception d'une technologie dépend non seulement de la production de connaissances internes à celle-ci, mais aussi de la production de connaissances externes. Fleming et Sorenson (2001) parlent du caractère co-relationnel de la production de connaissances. Ainsi, pour étudier la structuration des connaissances liées à une innovation duale, analyser les connaissances propres à l'innovation en question est nécessaire, mais il faut aussi tenir compte des connaissances qui peuvent servir, soit en amont au développement de la

technologie, soit en aval à la diffusion des connaissances. La définition du périmètre technologique au sein duquel une innovation duale émerge permet donc de mieux comprendre les complémentarités entre sphère civile et sphère de défense, et de qualifier le potentiel dual en fonction de différents indicateurs qui seront issus de développements originaux de la Théorie des Graphes d'Influences.

En conséquence, la valeur ajoutée de la thèse se décompose en trois principaux points : d'abord, un cadre d'analyse de la dualité ancré dans les principes de l'économie industrielle et de l'innovation permettant de sortir la dualité d'un particularisme défense ; ensuite, un ensemble d'outils permettant, au-delà des traditionnelles études de cas, de mesurer le potentiel dual de différents systèmes de connaissances et de comparer ces potentiels entre eux ; enfin, une analyse du potentiel dual des systèmes de connaissances représentatifs de l'activité d'innovation des plus grandes entreprises innovantes ayant une activité dans le domaine de la défense, au niveau mondial entre 2010 et 2012.

Plan de thèse :

La thèse se structure autour de deux parties dont l'une se consacre à la définition du cadre théorique de l'analyse tandis que la seconde développe et exploite des outils méthodologiques dans une analyse empirique de la dualité.

Afin de construire le cadre théorique, la première partie est elle-même scindée en deux chapitres. Le chapitre 1 propose une approche systémique de la dualité, il se consacre à une revue de la littérature théorique et empirique traitant des transferts technologiques entre la sphère civile et la sphère de défense. Elle revient d'abord sur la définition de « l'objet » dual autrement dit, l'identification des supports matériels ou immatériels de la dualité (Alic *et al.*, 1992 ; Gummett et Reppy 1988 ; Molas-Gallart, 1997 ; Mérindol, 2010). Ensuite, elle

s'attache à l'exploration des différentes modalités d'organisation de la dualité (Guichard et F. Heisbourg, 2004 ; Serfati 2005) et propose enfin une synthèse de ces approches permettant de les structurer autour des deux axes « objet dual » et « gouvernance de la dualité ». D'autre part, ce chapitre permet de revenir sur les approches en termes de système d'innovation dans ses différentes acceptations (nationale, régionale ou sectorielle) (Amable, 2003). Ces deux composantes sont combinées afin de proposer le concept de Système Dual d'Innovation (SDI) qui embrasse dans un cadre cohérent l'ensemble des composants de la dualité (technologique, mais aussi organisationnelle et marchande, etc.).

Le deuxième chapitre revient sur les processus de diffusion des connaissances en tant que vecteur de la dualité. Pour cela, la littérature économique traitant de l'innovation et de la technologie est reprise ce qui conduit la thèse à s'attarder notamment sur le concept de système technologique. L'accent est mis sur le rôle des connaissances au sein de ces systèmes (Carlsson et Stankiewicz, 1991 ; Pinch et Bijker, 1984 ; Bijker 2010) puis, est détaillée la manière dont ces connaissances se diffusent à l'échelle de ces systèmes technologiques. Cette première étape permet d'aboutir au concept de Système de Connaissances Technologique (SCT) qui constitue une échelle privilégiée de l'analyse des proximités cognitives entre différents systèmes technologiques. Après être revenu sur les caractéristiques de la connaissance technologique duale, c'est au sein du SDI que sont plus particulièrement étudiées ces questions de diffusion des connaissances afin de proposer un cadre théorique à l'évaluation du potentiel dual des technologies.

Dans la seconde partie de la thèse, l'analyse empirique s'articule autour de trois chapitres. Le Chapitre trois est consacré à l'identification des SCT qui constituent le matériau de base du travail quantitatif. La méthode permettant l'identification des SCT repose sur la Théorie de la Dominance Economique (TDE) (Perroux, 1948) qui est ici appliquée à l'analyse des flux de connaissances à partir des données de citations de brevets à l'aide des outils de la

TGI (Lantner, 1974 ; Lantner, Lebert, 2015). Ce cadre d'analyse est appliqué aux plus grandes entreprises innovantes (classement international établi par l'IPTS¹) parmi lesquelles sont identifiées celles ayant une activité dans le domaine de la défense (classement SIPRI²). Au sein des portefeuilles de brevets de ces entreprises sont manipulées des bases de connaissances (Nesta et Saviotti, 2005 et Krafft *et al.*, 2011) puis, est identifié le périmètre de celles qu'il est pertinent d'étudier dans le cadre de la dualité. Au sein de ce périmètre, des interdépendances technologiques sont mesurées, ce qui permet de définir des ensembles de connaissances révélant des synergies dans l'innovation de défense. C'est le potentiel dual des 26 SCT ainsi définis que j'évalue par la suite.

Cette évaluation repose sur deux approches. La première, en termes de cohérence technologique (Teece et al., 1994 ; Cohen, 1997 ; Piscitello, 2000 ; Krafft *et al.*, 2011), vise à analyser l'articulation des connaissances à l'intérieur des SCT et de comparer la manière dont ces connaissances sont manipulées par les entreprises de défense avec celle dont elles le sont par les entreprises civiles. Cette comparaison permet de mesurer, selon cinq indicateurs originaux, des proximités cognitives entre les entreprises civiles et les entreprises de défense pour chacun des 26 SCT identifiés. C'est sur la base de ces indicateurs que le potentiel dual des SCT est mesuré. Cela permet d'obtenir une échelle de la dualité.

La seconde approche s'inscrit dans le cadre de la Théorie de la Dominance Economique (TDE) et exploite de nouveaux outils de la Théorie des Graphes d'Influence (TGI). Elle étudie les interdépendances qui existent dans la production de connaissances au sein d'un SCT (influence interne), mais aussi dans son environnement direct (influence

¹ *The Institute for Prospective Technological Studies*, centre de recherche de la Commission Européenne proposant une base de données des 2000 plus grandes entreprises innovantes au niveau mondial en termes de dépense en R&D.

² *Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI): the independent resource on global security*. Cet institut propose le classement des cent plus grands industriels de l'armement en termes de chiffre d'affaires

externe) à l'aide d'un ensemble d'indicateurs originaux (Lebert et El Younsi, 2015). L'objectif est de mesurer la contribution de la défense à ces interdépendances afin de mieux comprendre en quoi la relation des entreprises ayant une activité de défense avec le reste du paysage technologique permet d'exploiter le potentiel dual évalué précédemment. Ici aussi cette analyse est réalisée pour chacun des 26 SCT identifiés.

PARTIE 1 : CONSTRUCTION D'UN CONCEPT OPERATIONNEL DE DUALITE TECHNOLOGIQUE

Introduction

La production technologique est en partie déterminée par les usages en vue desquels la technologie est développée. Néanmoins, cela ne signifie pas que certaines technologies ne peuvent pas servir de manière simultanée à plusieurs usages. Faire communier l'innovation de défense et l'innovation civile afin de répondre aux besoins des militaires tout en étant utile à tous, tel est le défi de la dualité technologique. Répondre à ce défi passe par une certaine compréhension des mécanismes de production et de diffusion de la technologie.

Cette première partie vise à construire le cadre théorique afin d'étudier les différentes modalités d'interaction entre la sphère d'innovation de défense et la sphère d'innovation civile. En effet, si la dualité technologique a fait, depuis les années 1980, l'objet de très nombreux travaux (Gummett et Reppy, 1988 ; Alic *et al.*, 1992 ; Cowan et Foray, 1995 ; Molas-Gallart, 1998 ; Kulve et Smit 2003 ; Mérindol et Versailles, 2010 etc.) la manière dont elle est définie varie souvent d'un auteur à l'autre. Il reste néanmoins aisé de se faire une idée sur ce qu'est l'innovation duale, qui peut se définir de manière triviale et prosaïque comme la recherche de synergies entre la défense et le civil dans le processus d'innovation ; la différencier de notions connexes, et parfois amalgamées, telles que les biens à double usage, les transferts technologiques, les retombées (« *spin-off* » et autre « *spillover* »), n'est pas toujours évident. Quoi qu'il en soit, les derniers travaux tendent à s'accorder sur la nature systémique de l'innovation duale (Guichard, 2004a ; Mérindol et Versailles, 2010 ; Acosta *et*

al., 2011 ; Mérindol et Versailles, 2010) et, afin d'intégrer toutes les dimensions de la dualité, c'est en suivant cette voie que le cadre théorique de cette thèse est construit.

Néanmoins, l'analyse se concentrera plus particulièrement sur la dimension purement technologique et adoptera pour ce faire l'angle des systèmes technologiques tels qu'ils sont définis par B. Carlsson et R. Stankiewicz (1991) : « un flux de connaissances et de compétences ». Cette manière de concevoir la technologie permet de mettre en avant le rôle spécifique des flux de connaissances. Ils se distinguent, comme nous le verrons plus tard, des autres flux de biens ou de services et prennent une place déterminante dans la définition d'un potentiel dual. Dans ce contexte, la manière de traiter du processus de diffusion de la connaissance, est déterminante. C'est donc, en cohérence avec ce qui précède, une perspective systémique qui sera privilégiée ici (p.ex : Cournot, 1847 ; Carlsson et Stankiewicz, 1991 ; Pinch et Bijker, 1984 ; Bijker 2010).

L'ambition de cette première partie est de proposer un cadre d'analyse « universel » de la dualité permettant de focaliser l'analyse sur une de ses composantes et de l'intégrer dans la perspective plus globale des systèmes d'innovation. Sous l'angle de la diffusion des connaissances cette proposition ouvre la porte à la création d'un ensemble d'outils qui permettront, au-delà des études de cas, de mesurer le potentiel dual de différents systèmes technologiques. **Pour cela, il faut avant tout comprendre en quoi la production de connaissances est un vecteur de proximité technologique entre la sphère civile et la sphère défense et comment cette proximité peut être mesurée.**

Cette partie est articulée autour de deux chapitres qui présentent successivement la conception de la dualité et la conception du processus de diffusion de connaissances qui seront retenus dans cette thèse.

Chapitre 1 : Un cadre d'analyse de la dualité technologique fondée sur une approche en termes de système d'innovation

Introduction

La relation entre la production civile et la production militaire a fortement évolué à travers les siècles. Au Moyen Age, le forgeron forgeait bien à la fois les épées et les outils nécessaires à l'agriculture. C'est néanmoins au lendemain de la seconde guerre mondiale que cette relation s'est largement développée mais aussi complexifiée. Plusieurs phases se sont alors succédées. Jusque dans les années 1970, il existe une période faste de retombées technologiques « spontanées », issues des innovations militaires produites pendant la seconde guerre mondiale. Depuis la fin des années 1980, l'initiative technologique attribuée à l'industrie de défense est remise en cause ; c'est la fin du paradigme des retombées (Alic et al., 1992.). La dépense militaire devient aussi, d'un point de vue purement économique, plus difficile à justifier. C'est, dans les années 1970-1980, à la charnière de ces deux périodes que le terme « dual use » apparaît aux Etats-Unis pour justifier des dépenses de R&D civile sur des budgets de défense et ainsi contourner les règles de l'OMC (Uzunidis et Bailly, 2005).

Depuis son apparition, la « dualité » a connu un destin mouvementé. Il n'existe pas, dans la littérature économique, de consensus clairement établi autour de sa définition (Daguzan, 2001). Pourtant, depuis la fin des années 1980, la dualité est devenue un objet d'étude central pour l'économie de la défense (Gummett et Reppy, 1988 ; Alic *et al.*, 1992 ; 1993 ; Cowan et Foray, 1995 ; Molas-Gallart, 1998 ; Kulve et Smit 2003 ; Mérindol et Versailles, 2010 etc.).

Mais l'ensemble de ces travaux révèle plutôt, par la diversité des approches, l'ambivalence d'une notion nécessitant encore d'être précisée, plutôt que l'unité d'un concept

formellement défini. De façon triviale, la dualité entre les sphères civile et militaire évoque les mécanismes associés au rapprochement de ces deux sphères. Un ensemble très vaste et complexe, sur lequel il est nécessaire de se pencher pour offrir un cadre d'analyse précis à cette thèse.

Il conviendra donc tout d'abord de distinguer les différentes manières d'aborder la dualité. Pour ce faire, en fonction de leurs fondements théoriques et méthodologiques ainsi que de leurs résultats, nous établirons dans un premier temps une typologie des études sur la dualité. C'est sur ces bases et en s'appuyant dans un second temps sur les apports des approches systémiques, que nous proposerons un cadre d'analyse global.

1. Revue de la littérature

Dans cette partie, nous réalisons une revue de la littérature théorique et empirique traitant des transferts technologiques de la sphère civile à la sphère militaire (et inversement) menant au concept de dualité.

Depuis les années 1980, la dualité s'est progressivement émancipée de la simple stratégie de contournement des règles du commerce international, sans pour autant parvenir à clairement définir ce concept. De nombreux auteurs ont déjà travaillé sur cette notion en l'appréhendant sous divers angles, la faisant progressivement évoluer. Deux axes majeurs de recherche émergent dans la littérature. Le premier concerne la définition de l'objet dual, le second concerne la gouvernance de la dualité. Chacun de ces deux axes a connu des développements divers allant du plus micro au plus macro. Concernant l'objet dual, cela s'échelonne donc de travaux portant sur les technologies duales en tant que telles à des travaux portant sur des analyses systémiques de la dualité. Quant à elles, les études portant sur

la gouvernance s'attachent tout aussi bien à la stratégie des firmes qu'aux politiques publiques.

1.1. L'objet dual

Le débat sur rôle de l'innovation de défense dans un univers technologique dual est marqué par des positions extrêmement tranchées. La première consiste à dire que les spécificités de la R&D militaire rendent la dépense publique moins productive dans ce domaine que dans le civil (Mowery et Rosemberg, 1989, Lichtenberg, 1989), elle s'oppose à l'idée que c'est en raison de ses spécificités (financières, techniques, ou encore organisationnelles) que l'innovation de défense est capable de produire des ruptures technologiques que le marché serait incapable d'apporter (Alic *et al.*, 1992; Mowery, 2009 et 2010). Puis il y a la position selon laquelle les spécificités techniques civiles ou militaires limitent la transférabilité technologique (Chesnais et Serfati, 1992, Serfati, 2008), ou encore que c'est avant tout le domaine civil qui stimule l'innovation (Braddon, 1999; Stowsky, 2003).

En réalité, tous ces points de vue dépendent fortement de la manière dont la l'innovation de défense est perçue et de la conception que les auteurs ont de la relation entre le domaine civil et le domaine militaire. C'est pour cela qu'il est important de revenir sur la définition de cette relation ce qui conduit à se demander ce qui fait l'objet d'une dualité. Les différentes manières dont l'objet dual est défini éclairent sur ce débat et sur les outils adéquats qui permettent d'étudier la dualité.

La technologie duale ou « *dual-use technologies* » :

Les premiers travaux reprenant le concept de « *dual-use technologies* » faisaient référence à des technologies spécifiques qui en raison de leurs caractéristiques trouvaient des

applications dans le domaine civil et militaire. Ce processus de diffusion allait en particulier, de la défense vers le monde civil, c'est ce qui a été appelé le paradigme des retombées ou *spin-off* par Alic *et al.* (1992). Il fait référence à des technologies spécifiques, développées dans le cadre de grands programmes militaires et qui par la suite trouvent de nouveaux débouchés (qui n'étaient pas anticipés pour la plupart). L'orientation de ces retombées de la sphère défense vers la sphère civile domine la manière dont est perçue la dualité jusqu'à la fin des années 1980 (*spin-off*). Il est important de noter que cette perception de la dualité met en avant que seules certaines technologies peuvent, étant donnée leur nature, faire l'objet d'un transfert d'un secteur à l'autre.

Cette compréhension de la dualité s'attarde avant tout sur le résultat, plutôt que sur le processus de rapprochement technologique entre le domaine militaire et le domaine civil (Gummett et Reppy, 1988). Ce constat repose sur de nombreuses études de cas notamment menées aux Etats-Unis à la fin des années 1980 qui identifient des technologies pouvant être transférées, le plus souvent du militaire vers le civil mais aussi dans certains cas dans le sens inverse. Les secteurs industriels tels que l'informatique, l'électronique ou encore l'aéronautique ont été particulièrement cités en exemple dans de nombreux travaux tels que ceux de Alic (1994), Gansler (1989), de Flamm (1988) ou encore dans les publications de l'OTA (*U.S Congressional, Office of Technology Assessment*) tel que le rapport de 1990 « *Armin Our Allies : Cooperation and Coompetition in Defense Technology* ».

Néanmoins, ces études révèlent toutes les difficultés auxquelles les chercheurs et les praticiens se heurtent pour identifier des technologies passant d'une sphère à l'autre et pour répertorier les secteurs industriels qui en bénéficient. Albrecht (dans Gummett et Reppy, 1988) insiste sur la difficulté de mesurer ces « *spin-off* ». Il souligne aussi l'ambiguïté de ce terme emprunté à la physique des particules comme celle des autres termes couramment employés pour décrire la même idée de transfert technologique entre deux sphères

d'innovation : « *spill over* » et « *fall-out* ». Par ailleurs, il note que ce concept comporte deux dimensions qu'il est important de distinguer, une dimension intra-sectorielle et une dimension intersectorielle, cette dernière étant à l'époque encore rarement évoquée compliquant d'autant plus l'identification de ces technologies duales.

Cette conception centrée sur les technologies à double usages ne paraît donc pas suffisamment précise pour rendre compte de la complexité des interactions entre le civil et la défense. En effet, en rattachant directement le terme dual à l'usage, le concept ne rend pas compte de toutes les nuances dans les modalités d'interactions entre le monde de la défense et le monde civil dans le cadre du développement d'une technologie (Fiott, 2014).

Dualité et transfert technologique :

Cette vision articulée autour de l'usage des technologies perdure dans la littérature largement au-delà des années 1980. Néanmoins, peu d'auteurs pensent encore aujourd'hui que ce double usage est intrinsèquement lié à la nature de la technologie. L'idée mise en avant est que cette dualité dépend avant tout d'un processus d'appropriation par un milieu social particulier (Stowsky, 2004). Ainsi, les modalités de transfert sont plus particulièrement étudiées.

Cette manière d'appréhender la dualité « *se réfère aux manières par lesquelles des objets (produits et artefacts) utilisés dans un domaine peuvent être adaptés à d'autres* » (Molas-Gallart, 1997). Cela pose la question des mécanismes de transferts technologiques du civil vers la défense (*spin-in*) et de la défense vers le civil (*spin-off*). Le caractère réciproque de la dualité est, dans cette approche, bien plus souvent mis en avant. L'idée d'une relation entre innovation civile et militaire qui s'appréhende sur le long terme, ce qui peut donner lieu à des retournements de tendance, émerge (Galbraith *et al.*, 2004).

Le transfert technologique dual constitue un cas particulier de transfert qui se produit quand une technologie développée pour le militaire (ou le civil) est transférée vers une application civile (ou militaire) (Molas-Gallart, 1998). En France il est par exemple estimé que 60% de la recherche financée par la défense a des retombées dans le domaine civil contre 20% dans le sens inverse (Moura, 2011). La dualité, ancree autour de la question des transferts technologiques, renforce l'hypothèse selon laquelle ce sont les technologies au sens strict qui sont l'objet de la dualité Mais ne met plus en avant le caractère intrinsèquement dual de certaines technologies.

En distinguant les transferts directs d'une unité à une autre de ceux nécessitant une adaptation de la technologie, ainsi que les transferts s'opérant au sein de la même unité (entreprise ou division de l'entreprise) de ceux impliquant deux unités, Molas-Gallart en particulier distingue quatre types principaux de transferts (Figure 1). Cette typologie permet de spécifier quels sont les mécanismes les plus efficaces en fonction du type de transfert étudié. Cette approche a l'avantage de mettre en avant le rôle prépondérant que certains acteurs ou institutions peuvent jouer, en fonction du type de transfert (technologie broker, revues scientifiques, laboratoire mixte de recherche, prestataire de service, conseil et outsourcing etc.).

Figure 1 : Les quatre principaux types de transfert

Mode \ Actors	No Adaptation	Adaptation
Transfer Internal to a single unit	Internal Straight Transfer	Internal Adaptational Transfer
Between two or more units	External Straight Transfer	External Adaptational Transfer

Source : Molas-Gallart, 1997

Néanmoins, d'un point de vue méthodologique, cela ne résout pas la question de la reconnaissance des technologies pouvant faire l'objet d'un transfert dual. Plusieurs modalités d'identification sont alors envisagées dans divers travaux de recherche.

La méthode la plus communément utilisée est celle des études de cas. En économie de la défense, l'intérêt de cette méthode est de contourner les problèmes de fiabilité des données disponibles sur les technologies. De nombreuses études de cas ont été menées sur différents secteurs ou sur différentes technologies tels que les machines outils, l'aéronautique civile, les technologies de l'information avec les semi-conducteurs, l'informatique ou encore internet pour ne citer qu'eux (*cf. Handbook in economics*, Volume 2, Chapitre 29, Mowery, 2010, pour un résumé et l'étude de prospective stratégique de l'IRIS³ : *L'origines des technologies critiques dans l'industrie de défense en France : spin-ins ou spin-offs entre la défense et le civil ? traitement qualitatif et quantitatif*, pour des études de cas récentes menées en France). Ces études de cas ont montré la diversité des situations et des modalités de transfert dual mais ne permettent pas d'offrir un regard global sur la question.

Une autre solution permettant d'identifier une technologie passant de la sphère militaire à la sphère civile consiste à étudier l'origine des financements et peut constituer une solution d'identification. En effet, il est au moins possible de poser l'hypothèse que les programmes de recherche d'un ministère de la défense confèrent *a priori* un caractère militaire aux innovations qui pourraient en découler et constituent alors un moyen de marquer ces technologies comme militaires ou au moins duales. C'est sur ce principe que certaines analyses se sont fondées pour étudier les transferts technologiques de la R&D publique vers les secteurs marchands, et souligner l'influence du caractère défense des innovations sur ces

³ Institut de Relations Internationales et Stratégiques : L'IRIS, association créée en 1991 reconnue d'utilité publique, est un think tank français travaillant sur les thématiques géopolitiques et stratégiques, le seul de dimension internationale à avoir été créé sur une initiative totalement privée, dans une démarche indépendante.

transferts (Chakrabarti, et Anyanwu, 1993a, 1993b). Néanmoins, la confusion entre ce qui relève du domaine civil et ce qui relève du domaine militaire rend plus délicate la justification de cette hypothèse. Il est difficile de maintenir une distinction claire, ce qui relève du périmètre budgétaire de la défense varie ainsi d'un pays à l'autre en fonction de son histoire, de l'importance de sa BITD (Base industrielle et Technologique de défense) de ses choix stratégiques en matière de défense, etc.

Les acteurs peuvent aussi servir de marqueurs à la technologie. En effet, et c'est là une approche communément employée, une technologie développée par des acteurs de la BITD sera qualifiée de défense contrairement aux autres. C'est, entre autres, une des approches choisies par M. Chinworth (2000a) pour analyser la dualité au Japon. Cette méthode permet d'appréhender la question avec un regard global mais comporte le risque de considérer dans l'analyse des technologies qui, bien qu'étant développées par des industriels ayant une part de leur activité dans le domaine de la défense, ont aussi une activité civile qui n'est pas forcément appuyée sur exactement les mêmes technologies.

Enfin, la manière la plus tranchée est de considérer que certaines technologies sont intrinsèquement associées à l'activité de défense. C'est par exemple le cas dans les travaux de Acosta *et al.* (2011) qui supposent que certaines classes technologiques de la Classification Internationale des Brevet (CIB) sont par hypothèse des classes technologiques relevant du domaine de la défense (cela concerne les classes technologiques F41 et F42 pour Acosta *et al.*). Ainsi, en étudiant les secteurs d'application de ces technologies qui s'étendent au-delà du périmètre de la défense, ces auteurs étudient leur niveau de dualité. Les méthodes peuvent tout à fait se compléter les unes les autres et ainsi permettre d'affiner l'identification des technologies pertinentes à étudier (Chinworth, 2000a).

Néanmoins, la notion de transfert technologique s'étend évidemment au-delà de l'objet technologique en lui-même et de nombreux auteurs l'ont développée en explorant d'autres de ses dimensions. L'une d'elles consiste à non pas étudier l'artefact technologique en tant que tel, mais l'ensemble des connaissances qui le composent. L'étude des connaissances a particulièrement imprégné les développements du concept de dualité.

Le rôle de la connaissance dans la dualité :

En effet, au-delà de l'objet technologique en lui-même, la technologie peut se définir au travers de l'ensemble des connaissances qui la composent (Carlsson et Stankiewicz, 1991). Alors, étudier les technologies duales peut s'apparenter à la diffusion des connaissances produites dans le domaine de la défense et aux similarités qui peuvent exister entre ces connaissances et celles produites au sein de la sphère civile. Cela renforce l'idée qu'il est difficile de déterminer *a priori* si une technologie est duale ou non (Mérindol, 2005). Effectivement, les programmes d'armements sont des projets intensifs en connaissances et leurs trajectoires de développement sont souvent imprévisibles. Ceci rend les débouchés d'autant plus imprévisibles, notamment concernant des domaines d'application civils souvent très éloignés des préoccupations militaires (Hobday *et al.*, 2000). Cette complexité des programmes de défense les mène aussi à intégrer un grand nombre de connaissances parfois issu de recherches civiles. Alors, la dualité des connaissances peut engendrer une transformation des savoir faire et s'avérer génératrice d'opportunités tant pour les industriels civils que ceux ayant une activité de défense (Guillou *et al.*, 2009).

Dans cette perspective, la prévalence soit civile soit militaire dans le processus de dualité devient plus délicate à interpréter que dans le paradigme des retombées tel qu'il était défini par Alic *et al.* (1992). Alors, « tout l'enjeu réside (...) dans l'équilibre entre

spécialisation et constitution d'un socle commun de connaissances entre les acteurs » (Mérindol, 2005, p.52.)

Par ailleurs, observer la dualité des connaissances est plus délicat car il est encore plus difficile de la définir. Ici deux conceptions de la dualité de connaissances peuvent s'opposer.

- La première serait de considérer la dualité de connaissances comme un *spillover* au sens strict (terme plus à propos que *spin-off* et *spin-in* en économie de la connaissance). Alors la dualité serait le résultat de *spillovers* (transferts de connaissance) entre le domaine civil et le domaine militaire sans préméditation de la part de l'un ou l'autre des domaines. La dualité est alors perçue comme un processus de traduction d'un domaine d'application à l'autre. Cette vision est finalement assez proche de celle proposée par Chinworth (2000a, 2000b) et Acosta *et al.* (2011).
- La seconde consisterait à justement considérer la présence de *spillovers* » comme un corollaire de l'absence de dualité : « *Particular reasearch is done exclusively in one domain and adopted more or lesse without change in other. The existence of spillovers, therefore, is note evidence of duality, and might in fact be evidence of its absence. Thus, promotion of spillovers can be viewed as a policy disigned to correct the 'duality' failure of a program of R&D* » (Cowan et Foray, 1995, p.852). Dans cette vision, c'est dans la co-conception de la connaissance entre civil et militaire que réside la dualité. La dualité est dans ce cas une donnée d'entrée du changement technologique, elle suppose une évolution sinon identique, mais pour le moins compatible des caractéristiques techniques des applications civiles et militaires.

Il est difficile d'observer strictement la dualité de l'un ou l'autre de ces points de vue et la manière dont elle est analysée est souvent à mi-chemin entre les deux. En effet, étudier

les processus de production de connaissances et notamment les échanges entre civil et défense de manière systématique constitue un défi pour la recherche.

Néanmoins, un certain nombre de travaux ont été réalisés et montrent une grande porosité des connaissances entre ces deux domaines. On peut noter trois étapes clefs dans la recherche permettant d'avancer vers une méthode d'analyse systématique des connaissances dans la dualité. D'abord des études au niveau des firmes qui soulignent notamment que les connaissances employées par les entreprises de défense proviennent à la fois d'entreprises de défense et d'entreprises civiles (Chakrabarti *et al.*, 1993b). Ensuite, des études au niveau des technologies qui cherchent à retracer tous les liens entre les connaissances produites dans le domaine de la défense et celles produites dans le domaine militaire (Acosta *et al.*, 2011). Elles s'attardent notamment sur les *spillovers*, comme c'est le cas, pour le Japon, dans la thèse de M. Chinworth (2000a). Enfin, un article propose de poser les bases d'une étude systématique des connaissances à l'aide des brevets. Cette étude ne repose pas sur une vision de la dualité de connaissances en termes de *spillovers*, mais en termes de similitude dans la production de connaissances, autrement dit, une proximité cognitive entre domaine civil et domaine défense. En cela, elle rejoint les études de cas qui tachent de mettre en évidence les similitudes et les spécificités entre recherche civile et recherche de défense dans différents domaines technologiques (Lapierre, 2001). En conséquence, elle se caractérise non pas par des transferts mais par une co-production potentielle des connaissances et met en avant un socle commun utilisé de part et d'autre (Meunier et Zyla, 2016).

Par ailleurs, penser la dualité en termes de connaissances amène à s'interroger sur la nature des connaissances duales. Jusqu'ici, la dualité a été présentée comme un concept fortement associé à la technologie. Ainsi, les connaissances, technologiques en particulier, sont au cœur de la dualité et étudier leur nature est primordial. Pour cela la littérature économique s'est penchée sur les particularismes des innovations de défense et a mis en avant

leur complexité grandissante amenant les chercheurs à aborder la question sous l'angle des systèmes.

Les systèmes technologiques :

Durant la Seconde Guerre mondiale et pendant les décennies qui suivirent, les programmes d'armement ont gagné en complexité. La bombe à hydrogène, les chasseurs à réaction, les missiles balistiques sont autant d'exemples attestant de cette dynamique. Le développement de ces technologies complexes a nécessité, de la part des concepteurs de ces programmes, la mise au point de nouvelles connaissances en ingénierie système, dans le but de perfectionner l'intégration de ces technologies au sein d'un système homogène (Sapolsky, 2003).

Aujourd'hui, les systèmes de défense n'ont rien perdu de leur complexité. Ils combinent de nombreux composants organisés hiérarchiquement afin de produire un système fonctionnel intégré. Ils sont souvent appelés *Complex Product Systems* (CoPS) (Principe, 1997 ; Hobday, 2000 ; Hobday et al., 2000 ; Hobday et al., 2005) en raison du nombre important de composants, de la profondeur des connaissances et des compétences à mettre en œuvre ainsi que la production de connaissances nouvelles que requiert leur mise au point (Hobday, 1998).

Face à cette complexité, deux types de connaissances se distinguent alors, celles liées à l'architecture du système et celles liées aux composants (Henderson et Clark, 1990). Or cette distinction est cruciale dans le cadre de l'étude de la dualité (Mérindol, 2010). En effet, si les systèmes complexes sont apparus dans le domaine militaire, ils se sont ensuite répandus dans les secteurs civils, entraînant le développement de compétences en matière d'intégration de système. Dès lors, des connaissances portant sur des composants technologiques ainsi qu'en

ingénierie système ont put être partagée entre le domaine civil et le domaine militaire. Une situation qui rend encore plus difficile et subtile l'observation de la dualité.

Néanmoins, cette façon de distinguer si la dualité entre deux système de connaissance est liée à une des briques de connaissances que partagent deux systèmes, ou à deux systèmes qui reposent sur la même architecture de connaissances. En la matière, la littérature contemporaine met en avant que la spécificité des connaissances dans le domaine de la défense se situe plus souvent au niveau de l'architecture des systèmes qu'au niveau des composants (Mérindol et Versailles, 2010 ; Lazaric *et al.*, 2011). Autrement dit, les systèmes de défense combinent des technologies qui, prises individuellement, sont communes à la défense et au civil.

Au-delà des spécificités d'un système technologique, la temporalité au sein de laquelle son développement s'inscrit influe aussi sur son potentiel dual. Ainsi, une perception dynamique de la technologie est, elle aussi, de nature à enrichir la perception que l'on peut avoir de la dualité.

La dynamique duale :

« La dualité doit s'envisager dès le début d'un produit c'est-à-dire lors de la phase de recherche, et s'arrêtera sans doute lors de la phase de développement » (Gagnepain, 2001).

Si la dualité n'est pas un phénomène constant alors il est nécessaire de repérer la période, la phase, le moment pendant lequel la dualité s'exerce. Alic *et al.* (1992) offre une première approche macro de cette dynamique expliquant, pour les semi-conducteurs, le retournement du sens des retombées entre civil et militaire par la domination de la demande militaire jusque dans les années 1980 et, par la suite, une domination de la demande civile. Cela a rendu le secteur militaire dépendant de l'innovation civile car c'est cette dernière qui oriente principalement les efforts de R&D dans ce domaine.

Dans les années 1990 D. Foray et F. Chesnais font le constat d'une transformation de la relation entre R&D civile et R&D militaire (Foray, 1990). Foray met notamment en avant l'affaiblissement du rôle de la R&D militaire dans la croissance de la productivité industrielle et souligne deux facteurs :

- la distorsion du système scientifique et technique liée aux spécificités techniques du matériel militaire. A ce titre, il met en avant le caractère opérationnel des programmes de R&D qui sont financés par la défense ce qui favorise les dépenses en développement ainsi que la forte orientation produit plutôt que procédé de ces programmes ;
- la fin des quatre types de retombées identifiées par Mowery et Rosenberg (1989) – les effets directs (l'application commerciale de technologies directement issues de la défense), les effets de second-ordre (seule une partie de la technologie est incorporée soit sous forme matérielle soit sous forme de connaissance), les effets liés à la recherche (qui se traduisent par la diffusion de connaissances) et les effets organisationnels (par exemple au travers d'une communauté de chercheurs) – qui disparaissent avec la fin du caractère générique des technologies.

A partir de ce constat, il préconise deux transformations organisationnelles. Il propose, d'une part, d'organiser la dépendance grandissante de la technologie militaire envers la R&D d'origine civile et promeut d'autre part l'idée d'un financement de défense pour des programmes civils afin de garantir leur développement. Plus particulièrement dans la cas de la France, les Programmes d'Etude Amont (PEA) sont présentés comme une des modalités de « l'insertion des politiques de R&D de défense dans les politiques technologiques globales » (Foray et Guichard, 2001). C'est l'interaction de ces programmes avec les autres dispositifs qui est alors à considérer afin d'en faire un outil de dualité.

Au-delà de cette dynamique de longue période, une analyse micro permet de comprendre une dynamique de courte période. Dans une perspective évolutionniste, le potentiel dual d'une technologie varie dans le temps mais aussi en fonction du type de programme de R&D (Cowan et Foray, 1995).

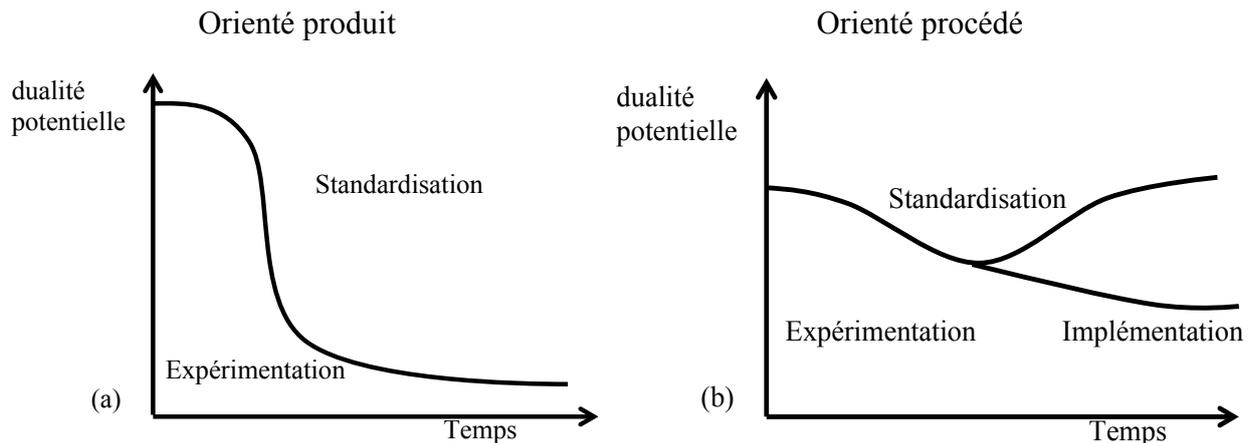
D'abord dans le temps : la notion de cycle de vie technologique (Utterback et Abernathy, 1975 et Abernathy, 1978) met en avant deux phases (expérimentation puis standardisation) au cours desquelles le potentiel dual évolue. La phase d'expérimentation présente le plus grand potentiel alors que la standardisation fait chuter le potentiel dual. En effet, durant la phase d'expérimentation, les applications potentielles de la technologie ne sont pas encore clairement identifiées et civils comme militaires peuvent montrer un intérêt pour elle. Or, en poursuivant conjointement l'effort de recherche ils peuvent, d'une part, gagner du temps sur le calendrier, c'est-à-dire mener les expérimentations plus rapidement faisant ainsi murir la technologie plus vite et, d'autre part, gagner du temps en termes « d'événement », c'est-à-dire réaliser un nombre plus important d'expérimentations avant la phase de standardisation menant ainsi la technologie à un niveau de maturité plus avancé dans le même laps de temps (Cowan et Foray 1997).

En revanche, durant la phase de standardisation les domaines applicatifs exigent une adaptation spécifique au cas de la défense ou au cas civil (normes, réglementation etc.). Alors chacun mène des développements qui font diverger les trajectoires technologiques entre les deux domaines et diminuent le nombre de coopérations potentielles.

Ensuite en fonction du type de projet : toujours selon R. Cowan et D. Foray (1995), le potentiel d'un projet orienté produit n'est pas le même et n'évolue pas au même rythme que le potentiel d'un projet orienté procédé. Un projet orienté produit possède un potentiel dual plus faible car plus restreint par les exigences spécifiques du domaine d'application. De plus la

phase de standardisation vient encore fortement diminuer ce potentiel. Un projet orienté procédé est en revanche moins limité par les spécificités civiles ou militaires et la phase de standardisation peut être, au moins en partie, menée conjointement et faire converger civils et militaires jusqu'à l'implémentation de la technologie.

Figure 2 : Le cycle technologique et le potentiel dual



Source : Cowan et Foray, 1995, p.858

Dans cette approche, la dualité est donc perçue comme un mécanisme de co-production de la technologie. Organiser la R&D selon les principes de la dualité permettrait alors de voir émerger un plus grand nombre d'applications potentielles, de retarder le verrouillage technologique lié à la standardisation et ainsi de préserver la variété technologique (Cowan et Foray 1995).

En revanche, d'autres recherches selon le cycle de vie de la technologie ont montré que l'intérêt de la défense peut renaître pour des technologies après qu'elles sont standardisées dans le monde civil et ainsi raviver leur potentiel dual (Sachwald, 1999). La dualité est ici plutôt perçue comme un *spin-in* se rapprochant de la pratique de l'achat sur étagère dans le cadre d'une politique de réduction des coûts.

Une dernière remarque sur la temporalité peut être faite à propos de la durée de vie d'un programme d'armement et plus particulièrement de son Maintien en Condition

Opérationnelles (MCO). Cette caractéristique des programmes de défense complexifie la relation civile-défense. En effet, même si, comme le souligne J. Droff (2013), dans le MCO, la dualité est un facteur favorisant la proximité entre activités civiles et militaires il n'en reste pas moins que les contraintes réglementaires et opérationnelles du MCO militaire obligent les industriels à maintenir des compétences et des technologies très longtemps après leur mise au point. La dualité dans ce type d'activité s'apparente alors plus à des transferts ou à la mise à disposition d'équipements propres à un territoire donné. (Droff, 2013).

Le cycle de vie montre que se consacrer à faire émerger le potentiel dual d'une technologie s'avère tout aussi crucial que de mettre en place les mécanismes de transfert les plus appropriés dans l'exploitation optimale de la dualité. Néanmoins, en ne considérant que le temps et le type de projet comme facteurs influençant le potentiel dual d'une technologie, on ne peut pas analyser l'influence des facteurs institutionnels ainsi que le rôle des acteurs dans une démarche duale d'innovation.

Du réseau dual à la dualité du Système d'Innovation :

Dire connaître *a priori* quelles seront les applications d'une technologie dans le futur semble peu raisonnable car la majorité d'entre elles ont de multiples usages (Sachwald, 1999). En plus de la temporalité, d'aucuns considèrent que les applications futures d'une technologie dépendent en particulier du réseau social au sein duquel elle se développe ou s'utilise (Cowan et Foray, 1995 ; Kulve et Smit, 2003). En sociologie de l'innovation, la notion de collaboration entre les acteurs du réseau est déterminante pour la dynamique économique. Les concepts de Réseaux Technico-Economiques (Callon *et al.*, 1991) ou les Réseaux Socio-Techniques (Elzen *et al.*, 1996) notamment mettent en avant cet aspect, ils ont ainsi inspiré les approches de la dualité mettant les coopérations entre les acteurs au cœur de l'analyse (Smit et Kulve, 2003). Le principal apport est de ne plus focaliser l'étude de la dualité sur les

technologies mais sur le réseau au sein duquel elle émerge. Ce sont les caractéristiques de ces réseaux qui sont susceptibles de favoriser un développement dual des technologies. L'idée d'une temporalité dans le potentiel dual, apportée par Cowan et Foray, est conservée, ainsi que l'idée de mécanismes de transferts spécifiques à chaque situation.

Cette approche inspire les travaux les plus récents sur la dualité. Comme la prochaine section le montre, c'est aujourd'hui le prisme du système d'innovation qui est souvent privilégié afin d'intégrer ces effets de réseau à l'analyse (Guichard et F. Heisbourg, 2004 ; Guichard, 2004a, 2004b ; Mérindol, 2004 ; Bellais et Guichard, 2006 ; Serfati, 2005). C'est ainsi que la constitution, l'animation et l'organisation du système y sont présentées comme des enjeux centraux de l'innovation technologique duale.

Les approches en termes de système d'innovation qui sortent de la vision « maintenant dépassée, du changement technique comme se développant d'une façon quasi-autonome du reste de l'économie » (Amable, 2003) rencontrent un écho important au sein de la communauté des économistes. En économie de la défense, c'est le caractère multi-dimensionnel de cette approche qui la rend particulièrement intéressante pour traiter des questions d'organisation, de gouvernance ou de stratégie de dualité.

1.2. L'organisation de la dualité

L'organisation de la dualité fait directement référence à la question de la performance attendue (économique, technologique, stratégique etc.) qui varie d'un acteur à l'autre et qui influence leur comportement (Lu *et al.*, 2015). Sa mise en œuvre associe des enjeux, parfois contradictoires, allant du management des connaissances à des enjeux de politique publique (Daguzan, 2001). De plus, il y a différentes manières de considérer la dualité ce qui implique divers objectifs et des stratégies différentes. Comme pour la définition de l'objet dual, il

n'existe donc pas d'entente générale sur les principes devant guider la mise en œuvre de la dualité.

Afin, de bien prendre en compte cette diversité dans la mise en œuvre de la dualité, dans cette section, cette question sera étudiée en partant de la perspective la plus micro économique (stratégie des firmes) jusqu'au niveau macro économique (relations internationales).

Stratégie d'entreprise :

Du point de vue d'une entreprise, une stratégie duale s'entend comme le fait de s'adresser à la fois aux marchés civils et militaires. Intuitivement, la dualité se représente alors comme un moyen de réaliser des économies d'échelle ou de gamme. Néanmoins, cela nécessite de multiples ajustements au sein d'une telle entreprise qui doit concilier des contraintes réglementaires, techniques, financières et commerciales plus ou moins divergentes. L'analyse proposée par V. Mérindol et D. Versailles (2015b) sur le cas de l'entreprise Thales est particulièrement instructive. Dans cet article, la stratégie de Thales dite de « dualité globale » : l'entreprise cherche à tirer parti de son avantage technologique en développant des synergies entre les solutions proposées pour un ensemble de produits sur des marchés adjacents (défense, aéronautique, transport terrestre, sécurité...) » (Mérindol et Versailles, 2015b, p.10) est analysée et cela montre l'influence qu'une telle stratégie a sur les compétences et les développements technologiques d'une firme.

A la fin de la guerre froide et compte tenu de la baisse des dépenses de défense, la production des systèmes à vocation militaire s'est progressivement privatisée et consolidée autour de grands groupes. La dualité peut alors être considérée par ces firmes comme un moyen d'équilibrage et de stabilisation des résultats face à un marché défense en contraction ou pour le moins très cyclique (Depeyre, 2013).

En réalité une stratégie duale peut s'envisager de diverses manières. Il s'agit dans un cas d'une diversification de marché sans diversifier ses compétences, cela revient à valoriser ses compétences en adaptant son offre à de nouveaux clients. Mais une autre stratégie duale peut s'envisager inversement et consisterait alors à proposer de nouveaux produits aux mêmes clients (militaires ou civils) en faisant appel à des compétences nouvelles venant de l'autre sphère complétant celles que l'entreprise possède déjà. La dualité est donc le fruit d'une réflexion stratégique pour la firme où dans un cas l'objectif est de déplacer des ressources spécifiques vers un nouveau marché (diversification marché) alors que dans un autre il s'agit de faire profiter de nouvelles ressources pour un même marché (diversification produit). Plus rarement il s'agit d'allier les deux à la fois (Mérindol et Versailles, 2015a).

Quoi qu'il en soit, cette diversification duale nécessite de trouver un compromis entre deux univers parfois éloignés. La littérature insiste sur trois défis que les entreprises doivent alors intégrer ; ils concernent le rôle de la demande, les besoins de financements et la gestion des compétences.

D'abord, concernant le rôle de la demande. Outre la spécificité de la demande militaire qui se caractérise par une prédominance des critères de performance, pour laquelle la supériorité stratégique, ou encore la pérennité de l'approvisionnement sont prioritaires « *small edge in performance can mean survival* » (Alic *et al.*, 1992, p. 114). Albrecht pose déjà en 1988 (Gummett et Reppy, 1988) la question du rôle des utilisateurs finaux dans la dynamique de transfert technologique tant du côté de l'armée que du côté des utilisateurs civils. Elle se révèle déterminante dans la domination d'une sphère ou d'une autre dans le développement d'une technologie. La domination (en valeur) d'une demande (civile ou militaire) par rapport à l'autre pousse les industriels à répondre en priorité à cette demande ce qui conduit à structurer les produits en fonction des attentes du client dominant. L'autre n'est que secondaire et doit se contenter de la technologie telle qu'elle est développée, même si elle ne

répond pas exactement à ses besoins. L'émergence de l'informatique grand public a progressivement fait du secteur civil le principal moteur de cette industrie faisant des militaires des suiveurs achetant sur étagères dans le domaine des semi-conducteurs par exemple (Alic *et al.*, 1992). De plus, les usagers n'appréhendent pas la technologie de la même manière que les producteurs et ne se préoccupent pas nécessairement de son origine. Ainsi, une technologie répondant au mieux à leur besoin sera préférée à celle développée à l'origine pour répondre à ce besoin. La prise en compte de leur désir constitue alors un élément important dans la diffusion et le développement de la dualité, en initiant des transferts d'une sphère à l'autre (comme avec l'exemple des « *lead users* », Mérindol, 2010).

Ensuite, les contraintes de financement. La structure de financement des entreprises de défense se caractérise par des contraintes spécifiques avec un rôle prépondérant de l'Etat, une frilosité des marchés financiers, des banques moins impliquées etc. (Goyal *et al.*, 2002 ; Besancenot et Vanceanu, 2006). Néanmoins, la dualisation de la défense semble faire converger les structures de financement. La littérature se demande alors comment cette dualité technologique peut modifier la structure de financement des industries de défense et les rapprocher de la sphère civile. Les travaux menés par Jean Belin semblent notamment montrer que pour une entreprise de défense, la dualité permet de faciliter son accès aux capitaux privés et améliore donc sa capacité de financement (Belin et Guille, 2008).

Enfin les contraintes liées à la gestion des compétences. L'utilisation plus ou moins efficace de ces connaissances dépend des compétences au sein des organisations ; le management des connaissances devient une compétence clef dans la mise en place de la dualité (Versailles et Mérindol, 2014). Elle amène les entreprises ayant une activité de défense à repenser les limites au sein desquelles elles peuvent à la fois puiser et utiliser leurs connaissances. En conséquence, la stratégie de gestion des connaissances reposant sur le secret, autrefois dominante chez ces industriels, montre ses limites. Certaines études montrent

même une propension plus forte au dépôt de brevets dans les entreprises ayant une activité de défense (Guillou *et al.*, 2009). L'économie de l'innovation montre l'intérêt de nouvelles stratégies de gestion des connaissances et plus largement des compétences (Lazaric *et al.*, 2011).

En fonction du type d'entreprise ces contraintes pèseront différemment sur les stratégies. Aujourd'hui plus qu'hier, à la suite du grand mouvement de privatisation intervenu dans les années 1990 dans les grands pays producteurs d'armes (Bellais, 2005 ; Lazaric *et al.*, 2011), des industriels de premier rang jouent un rôle « d'intégrateurs de systèmes » (*Lead System Integrators -LSI-*) et de leur capacité à intégrer une large variété de sous-systèmes provenant d'horizons variés dépend le potentiel dual des systèmes d'armement (Mérindol, 2010). Il faut noter que ce rôle d'intégrateur peut aussi être joué par une organisation publique. A ce titre, l'Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales (ONERA) qui absorbe et développe des technologies provenant à la fois du domaine civil et du domaine militaire au profit des deux sphères est un bon exemple (Lafon, 2001). A l'opposé des grandes organisations, l'entrepreneuriat ou les stratégies d'essaimage peuvent constituer des tremplins afin de favoriser la diffusion des technologies entre les sphères civile et défense (Azulay *et al.*, 2002)

En ce qui concerne l'innovation en général et l'innovation duale en particulier, les théories en économie de la connaissance mettent en avant l'importance des réseaux de connaissances et des processus d'apprentissage. Par conséquent ils font l'objet de l'attention particulière des économistes de la défense.

Les réseaux de connaissances :

En la matière, la sociologie de l'innovation permet d'enrichir largement le cadre d'analyse en étudiant les réseaux d'innovation. Ils montrent que leur organisation joue un rôle

dans l'exploitation des potentialités technologiques et plus particulièrement dans l'exploitation du potentiel dual.

R. Guichard (2004a) rappelle l'intérêt des approches sociologiques qui appréhendent la rencontre entre différents mondes sociaux en termes de processus. Elle appuie notamment son propos sur les « Réseaux Technico-Economique » (Callon *et al.*, 1991) qui se définissent comme « *a set of heterogeneous actors - public laboratories, technical research centers, industrial firms, financial organizations, users, and public authorities which participate collectively in the development and the diffusion of innovation and which via numerous interactions organize the relationships between scientifico-technical research and the marketplace* » (Callon *et al.*, 1991, P 220). Elle met en avant le rôle d'un acteur qui « déplace et transforme les idées, les moyens, les objets, les rôles et leurs liens et qui maintient les divers intérêts alignés jusqu'à ce qu'une solution unique émerge » (Guichard et F. Heisbourg, 2004, p.97). Dans cette solution R. Guichard qualifie ce rôle de « traducteur » au sein des « réseaux duaux ».

Dans une telle approche, la construction du réseau est un enjeu collectif qui se fait autour de ce traducteur. Elle rappelle que ces réseaux sont à géométrie variable et ne se résument pas à l'ensemble des acteurs qui le composent, mais sont aussi constitués d'un ensemble d'intermédiaires tels que : des documents écrits (articles scientifiques, rapports, brevets...) de compétences incorporées (chercheurs en mobilité, ingénieurs passant d'une firme à une autre...), d'argent (contrats de coopération entre un centre de recherche et une entreprise, prêts financiers, achat par un client d'un bien ou d'un service...), d'objets techniques plus ou moins élaborés (prototypes, machines, produits destinés à la consommation finale...). Ils s'articulent autour de trois pôles ayant chacun un rôle : le pôle scientifique (la production de connaissances), le pôle technique (conception d'un objet cohérent capable de rendre des services) et le pôle marché (regroupe les utilisateurs et définit

la demande). Ainsi le Réseau dual est un cas particulier de Réseau Technico-Economique (RTE). Dans une telle approche, la technologie n'est pas définie *a priori* comme duale. C'est son développement au cœur d'un réseau regroupant deux mondes sociaux différents, la défense et le civil, qui par les interactions qu'il engendre, donne à la technologie un caractère dual.

Si l'on accepte que la dualité d'une technologie se définisse par le réseau au sein duquel elle se développe cette analyse de la dualité se rapproche du cadre d'analyse développé par Smit et Kulve (2003). Ils retravaillent les RTE et proposent le concept de Réseaux Sociaux-Techniques (RST) qu'ils appliquent au cas spécifique de la dualité. Ils développent l'idée que c'est le réseau social au sein duquel se développent les technologies qui détermine le caractère dual d'une technologie au contraire d'autres approches qui se focalisent sur les usages ou les financements par exemple. C'est un réseau d'acteurs duaux travaillant ensemble autour d'une même technologie qui permet de qualifier la technologie en question de duale (Guichard et F. Heisbourg 2004, Guichard, 2004a, 2004b). Dans ce cadre théorique la manière d'appréhender la dualité reprend les principes mis en place par R. Cowan et D. Foray (1995 et 1997) qui stipulent que le transfert d'une technologie développée dans un réseau d'innovation entièrement consacré à la défense vers le domaine civil (ou inversement) constitue plutôt une preuve de l'absence de dualité.

La dualité ne consiste plus alors en l'organisation des transferts, mais en l'exploitation des synergies possibles entre civil et défense pendant le processus d'innovation. Elle est perçue comme une fenêtre d'opportunités. Un tel réseau constitue un ensemble d'interactions sociales dont la stabilité engendre une grande résilience. Ainsi, la nature de ces relations est primordiale pour maintenir le succès ; cela repose notamment sur l'implication d'acteurs consacrés à la construction du réseau dual dont le rôle est particulièrement mis en avant. Par ailleurs, Smit et Kulve citent l'ensemble des autres facteurs menant au succès ou à l'échec

d'un tel réseau (tableau 1). Ils mettent en avant les politiques visant le développement de certaines compétences associées à la construction de tels réseaux comme un facteur clef de réussite de l'intégration des bases industrielles et technologiques civile et militaire (Smit et Kulve, 2003).

Tableau 1: Les facteurs de succès ou d'échec de la dualité

Facteurs de succès	Facteurs d'échec
Acteurs consacrés à la construction du réseau	Pas de possibilité de financements duaux
Réseau mixte d'acteurs civils, militaires et duaux	Pas de but « dual » commun entre les participants
Grand recouvrement technologique entre les différentes applications	Différences dans les cycles de vie des applications

Source : R. Guichard et F. Heisbourg, 2004, p.102

De plus, de nombreux auteurs insistent sur le fait que l'élaboration de systèmes complexes (autrement appelés CoPs pour : *Complex Product Systems*) implique la maîtrise de connaissances plus nombreuses. Ces connaissances sont rarement concentrées au sein d'un seul acteur ce qui requiert des mécanismes de gestion de la connaissance au travers des réseaux. De nouvelles possibilités d'interactions ont émergé entre les acteurs pour créer des technologies tout ou partiellement duales. Dans ce contexte, la protection des innovations et leur valorisation est centrale. De nouvelles pratiques s'instaurent dans l'industrie de défense et modifie l'organisation des entreprises tant la gestion des DPI requiert des compétences nouvelles (Ayerbe *et al.*, 2012, 2014).

La coordination inter-entreprises :

Les réseaux d'innovation sont particulièrement denses (Cantner et Pykan, 2001 ; Kuhlmann, 2001). Or, la dualité a fait apparaître de nouveaux acteurs au sein des réseaux

d'innovation du monde de la défense. La gestion des connaissances en est devenu plus complexe (Mérindol, 2004). De plus la technologie des systèmes de défense n'a cessé de se complexifier. Dans les années 1990 l'apparition des « systèmes de systèmes » (systèmes interconnectés par des systèmes d'information et de communication) a favorisé les transferts technologiques entre défense et civil. Cela s'est fait conjointement avec l'apparition des intégrateurs de systèmes ou « *Lead System Integrators* » (LSI) qui se caractérisent par le rôle d'évaluateur, de manager et d'architecte de programmes que certaines firmes se sont vu assumer (Lazaric *et al.*, 2011). Cela fait du LSI un acteur clef du réseau d'innovation dual car il est celui qui, maîtrisant l'architecture du système, est en mesure d'agréger des connaissances provenant à la fois de la sphère civile et de la sphère militaire. Pour intégrer un tel système, il se doit non seulement de maîtriser l'architecture de connaissances relative au système, mais aussi les connaissances associées aux sous-systèmes ou autres composants (Principe, 1997 ; Hobday, 2000 ; Hobday et al., 2000 ; Hobday et al., 2005).

Dans le cas d'un réseau d'innovation dual, le LSI puise alors à la fois ses connaissances dans le monde civil et dans le monde de la défense, ce qui en fait une passerelle entre ces deux mondes, et développe des compétences organisationnelles indissociables de cette activité afin d'y parvenir. Ainsi il joue un rôle dans ce que certains appellent la « coopération » entre les acteurs d'un réseau (Depeyre et Dumez, 2010).

Néanmoins, considérer la dualité au travers d'un réseau n'est pas toujours satisfaisant car elle se concentre principalement sur la coordination entre les acteurs. Les approches systémiques permettent d'inclure dans l'analyse les composantes structurelles et institutionnelles et d'en apprécier les évolutions. Ce type d'analyse concerne aussi bien la défense que le civil et met l'accent sur les problématiques de gouvernance dans la mise en œuvre de la dualité.

Systeme d'innovation, dualité et politique publique :

De manière synthétique « La notion de « Système d'Innovation » (SI) rassemble diverses tentatives d'incorporer des éléments institutionnels dans l'analyse économique du changement technique, l'architecture des systèmes scientifiques, la genèse de l'innovation technologique et, pour les approches les plus conséquentes, d'étudier les conséquences de l'innovation sur les performances économiques de long terme des nations » (Amable, 2003, p.367).

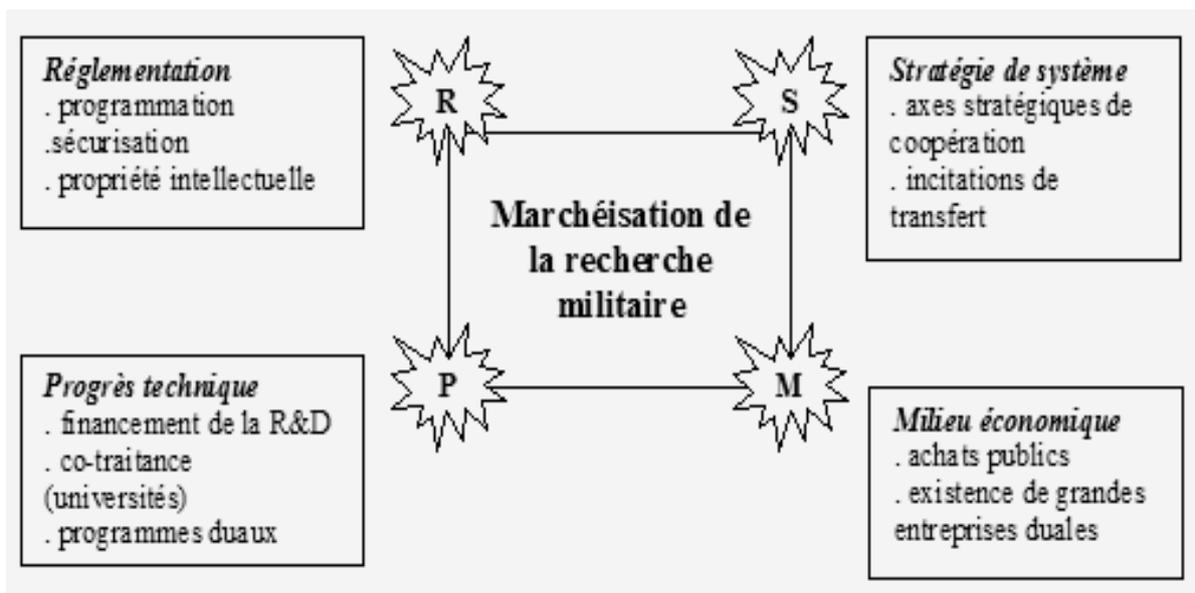
Les approches systémiques peuvent se faire à différents niveaux. L'approche la plus développée concerne le Système National d'Innovation (SNI). A cela s'ajoute les variantes que sont le système régional d'innovation, le système sectoriel d'innovation ou encore le système technologique d'innovation. Apparemment rivales ces approches mettent en avant des composants différents des systèmes d'innovation qu'il reste néanmoins possible de concilier entre eux (Amable, 2003). Ces différentes approches seront détaillées dans la section suivante.

Appréhender la dualité sous l'angle des Système Nationaux d'Innovation revient alors à étudier des arrangements (institutionnels, organisationnels, juridiques, financiers...). Les problématiques soulevées sont alors de différentes natures et mettent souvent en avant la part immatérielle de la notion (connaissances, compétences, proximités informationnelles...). Cela met aussi en avant les problématiques de gouvernance du système et par conséquent de politiques publiques associées à cette forme de coordination entre le domaine civil et le domaine militaire. Le concept de « politique duale » ou encore de « politique de dualité » émerge alors. « Il correspond à la recherche d'une organisation des échanges de connaissances et d'informations dans laquelle l'Etat joue le rôle de facilitateur. Les pouvoirs publics doivent définir des thèmes communs de recherche et initier des échanges de

connaissances et d'informations entre le monde de la recherche civile et militaire » (Mérindol, 2004, p.102).

Sans placer la dualité au cœur de leur analyse, D. Uzunidis et M. A. Bailly traitent de la relation entre innovation militaire et innovation civile (2005). Ils développent un cadre d'analyse comme un système de systèmes à l'échelle nationale « le carré organique de la valorisation de la recherche militaire ». Ceci permet au système d'être pur, aisément réglable en raison des dispositifs de contrôle des flux technologiques et d'informations qui existent entre les pays dans le domaine militaire et de l'application des principes du « *Buy American* », « *Buy French* » ou « *Buy British* »... Ce système de valorisation repose sur l'interaction entre la réglementation, le progrès technique, la stratégie de système et le milieu économique (figure 3). Le modèle américain est pris comme un exemple d'application de ce système « essentiellement caractérisé par le financement massif des technologies militaires pour irriguer dans un deuxième temps (à horizon imprévisible) les domaines civils » (Uzunidis et Bailly, 2005, p.68).

Figure 3 : Le carré organique de la valorisation de la recherche militaire



Source : D. Uzunidis et M. A. Bally, 2005, p.67

Dans cette perspective, la dualité technologique est un potentiel que l'ensemble du système d'innovation tend à valoriser. Cette transversalité des technologies entre différents produits est essentielle dans ce modèle. Les technologies génériques doivent s'y diffuser rapidement au sein des entreprises et le partage des connaissances est par conséquent un facteur clef de réussite du système. Les auteurs mettent en avant l'intérêt de glisser d'un modèle Smithien fondé sur le marché vers un modèle Schumpetérien de « capitalisme cognitif » fondé sur une organisation en réseau favorisant « l'innovation permanente ».

C. Serfati (2008), développe l'expression « Méso-Système Français de l'Armement » (MSFA) pour étudier le cas spécifique de la France, car comme elle le rappelle, en France, la défense occupe une place importante au sein du SNI. Cette approche entre le niveau micro et le niveau macro économique met en avant les interactions entre trois acteurs centraux : la Délégation Générale pour l'Armement (DGA), les grands contractants, ainsi que les agences technologiques telles que l'Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales (ONERA) ou encore le Commissariat à l'Energie Atomique (CEA). Il est possible d'étudier les interactions marchandes et non marchandes au sein du MSFA et vers le reste du SNI. Sur le plan de la dualité cette approche permet une analyse des relations dans la conception des technologies, comme des rapports entre technologie, économie et société. L'influence de l'histoire du pays, de ses relations internationales, des secteurs industriels et des technologies, de la culture entrepreneuriale et de l'histoire des techniques rend la définition d'un modèle optimal unique pour organiser les transferts technologiques improbable (Serfati, 2008).

Par ailleurs son analyse la pousse à constater que malgré la transférabilité de certaines technologies entre la sphère de la défense et la sphère civile, l'innovation militaire n'a pas toujours joué le jeu de la dualité. Elle prend le cas, pourtant couramment cité en exemple, du développement d'internet aux Etats-Unis, où les acteurs de la défense n'ont pas favorisé la diffusion de la connaissance au sein de la sphère civile. Pour pallier ce type de comportement,

elle met en avant le rôle positif que les Droits de Propriété Intellectuelle (DPI) peuvent avoir au sein d'un système d'innovation et plus précisément dans le cas de la dualité.

En effet, selon C. Serfati, l'utilisation de dispositifs de protection de la propriété intellectuelle dans les programmes de défense offre un double avantage. Premièrement, cela incite les firmes civiles à participer aux programmes de défense qui voient dans ces dispositifs un moyen de garantir leurs intérêts. Deuxièmement, en formalisant la connaissance et en la rendant consultables, les dispositifs tels que les brevets permettent d'accélérer la diffusion de la connaissances (tout un chacun est à même d'étudier le brevet pour s'appropriier les connaissances qu'il renferme) même si l'utilisation de ces connaissances engendre un coût (Serfati, 2005). Néanmoins, elle ajoute que l'efficacité des DPI est conditionnée par l'organisation du reste du système, notamment le développement des partenariats public-privé. Ces derniers permettent de gérer les transferts de compétences d'un ministère de la défense vers les firmes privées, comme sur le modèle des dans un modèle des PFI (*Public-private Finance Initiative*) (Bellais, 2005) afin de gérer les problèmes liés à l'asymétrie d'information ou encore minimiser le risque systémique lié à la puissance financière du ministère de la défense pouvant soumettre les groupes contractants à ses exigences, en particulier en termes de diffusion de la connaissance (Serfati, 2005).

Dans le cadre de la dualité, ce sont les approches en termes de SNI qui sont privilégiées, les problématiques d'innovation de défense étant encore aujourd'hui un enjeu principalement national. Les travaux de R. Guichard décrivent la dualité comme « un mode de gestion de la recherche, de l'innovation et de la production des systèmes de défense qui cherche à engendrer des économies d'échelle, de variété et des externalités avec le secteur civil » (Guichard et F. Heisbourg, 2004, p.97). Ce modèle de gestion doit être ancré au cœur du SNI et fait la part belle à la politique duale. Il ne s'agit donc plus ici d'observer les interactions entre le SNI et un système d'innovation de défense, mais de considérer la dualité

comme une composante du SNI. La dualité du SNI est un moyen d'exploiter un potentiel synergétique entre l'innovation de défense et l'innovation civile par le biais d'actions collectives, de processus de coordination et des mécanismes d'incitations (Guichard, 2004a). Ce mode de gestion de la dualité sous entend donc une gouvernance alliant pouvoirs publics, entreprises privées et centres de recherche.

Par ailleurs, elle montre que la gestion de cette dualité se fait au travers de trois structures différentes. Elles correspondent à différents niveaux de proximité technologique chacune engendrant des préconisations différentes en termes de gouvernance du système d'innovation :

- La convergence : des caractéristiques et des performances techniques qui supposent la convergence des normes, celle des processus de certification.
- L'intégration : pour des produits disjoints ce qui nécessite la mise en place de procédés communs. Au sein des firmes pour réduire les coûts de variétés et au sein du système de recherche à l'aide de structure de collaboration.
- La transposition : d'un module technologique ou d'un produit militaire vers un produit civil ou inversement. Ce qui passe par la préparation des systèmes de défense à l'insertion de sous systèmes civils et la recherche de débouchés commerciaux aux sous systèmes de défense.

Cette approche systémique montre, entre autres, la complexité des relations entre les sphères civile et militaire. Afin d'organiser cette relation la mise en place de politiques publiques semble indispensable. Elles visent deux objectifs qui peuvent sembler contradictoires. Le premier consiste à continuer de maîtriser les flux technologiques dans un monde plus ouvert et le deuxième consiste à profiter au maximum des opportunités que ce monde offre.

Enfin, concernant la mise en œuvre de la dualité, elle souligne le rôle des politiques duales. Ainsi, elle développe des principes d'action visant la mise en œuvre concrète d'une telle politique. Le premier élément qu'elle met en avant intéresse les normes et les standards qui doivent être harmonisés entre les deux sphères, tant au niveau national que supra national dans le cadre des instances internationales. Ensuite, elle souligne l'importance des agences d'acquisition (DGA en France) dans l'organisation de la dualité. Ces institutions dans un système dual se situent à l'interface des acteurs du système d'innovation civil d'une part et défense d'autre part⁴. Ainsi afin de favoriser les interactions elles doivent structurer des programmes de R&D au sein desquels une coopération est possible. Le succès d'une telle démarche, en tant qu'acteur dual, repose sur sa capacité à maintenir et développer des compétences scientifiques et techniques afin de rester en mesure d'évaluer les programmes de recherche et développement. Enfin elle précise que l'intégration du système productif repose sur une plus grande flexibilité et coordination en son sein. Cela s'accompagne de la mise en place de manière cohérente avec le reste du système : de centres de recherche duaux comme les « *Dual Use Technology Center* » (DUTC) en Grande Bretagne dont l'objet était de faire collaborer universitaires, industriels de la défense ou civils autour de même problématiques technologiques (Molas-Gallart et Sinclair, 1999), de courtiers en technologie ou encore de favoriser une plus grande implication de la défense dans les réseaux d'innovation civils. Cela ayant pour rôle de fluidifier les transferts technologiques et informationnels entre les deux mondes.

La perspective systémique permet d'appréhender les effets de la dualité. Ils peuvent être classés en plusieurs catégories : effets directs, indirects, de second ordre, informationnels

⁴ Pour plus de détails sur le rôle de la DGA dans le système français d'innovation, voir Nathalie Lazaric, Valérie Mérindol et Rochihia Sylvie, « *Changes to the architecture of the french defence industry : New rôle and capabilities of the Defense procurement Agency* », *Industry & Innovation*, vol. 18, no. 5, pp. 509–530, Jul. 2011. Leur travail discute des compétences que la DGA se doit de maîtriser en fonction des évolutions du système national d'innovation en passant d'architecte de projet à manager de projet.

et organisationnels, ainsi que les définissent Cowan et Foray en 1995. Cela permet ensuite de mesurer ces effets et de les comparer en fonction des différents objectifs, par exemple convergence ou divergence des effets économiques et de sécurité (Chu et Lai, 2012).

Au sein de nombreux travaux (Guichard, 2004a ; Lazaric *et al.*, 2011 ; Mérindol et Versailles, 2010, Guillou *et al.*, 2009 ; Aterbe *et al.*, 2012, 2014) la question de la connaissance est au cœur de la dualité. Mais la question de cette relation entre recherche et défense est parfois traitée sans que la dualité constitue l'entrée principale de l'analyse. En effet, se poser la question de l'inclusion de la défense au sein du SNI interroge plus largement sur l'impact social de la recherche de défense et permet d'analyser cette relation comme une politique Jeffersonienne. Une telle politique vise à juger de l'opportunité des programmes scientifiques en fonction de leurs impacts sociaux. Dans un tel cadre d'analyse on pose l'intégration de la BITD au sein de l'économie civile et « la dualité de multiples projets apparaît de fait ontologique et le cloisonnement de ces deux domaines (civil et défense) artificiel » (Bellais, 2005, p.155). Du point de vue international en revanche, la question de la dualité constitue un vrai enjeu dans le cadre de la coopération industrielle des Etats et de la stratégie militaire.

Politique internationale :

Au delà de la perspective nationale d'innovation, l'implication des politiques publiques vis-à-vis de la dualité ne s'arrête pas là.

Lorsque la politique publique appréhende la question du commerce international au travers du prisme de la dualité, intuitivement cela implique la question du risque de dissémination des technologies plus élevé en raison de leur « banalisation ». Ce risque n'a pas les mêmes impacts en fonction des technologies dont il est question (Alic, 1994). Le risque le plus évident est celui de la prolifération nucléaire (Meier et Hunger, 2014), mais des études portent sur de nombreux autres domaines et on a très tôt cherché à évaluer ce risque pour

l'ensemble des technologies dites duales (Tucker, 1994 ; Bonomo et al, 1998) M. Trajtenberg a quant à lui observé les effets de la dépense en R&D militaire dans le domaine antiterroriste (Trajtenberg, 2006). Toute cette littérature pose la question du juste équilibre entre progrès technique, croissance et diffusion des technologies militaires, comme le montre cet ouvrage co-écrit par *National Academy of Sciences, National Academy of Engineering, et Institute of Medicine* des Etats-Unis (1987) « *Balancing the National Interest U.S. National Security Export Controls and Global Economic Competition.* ». Une large part de la littérature sur cette question a surtout vocation à conseiller les pouvoirs publics sur leur politique d'embargo et cherche plus ou moins à établir une liste des technologies risquées. Cela se traduit par exemple au niveau européen par le règlement (EC) No 428/2009, qui énonce les règles de contrôle, une liste de biens duaux ainsi que les modalités de coordination et de coopération pour son application cohérente au sein de toute l'Union Européenne. Sur le plan de la politique internationale la Résolution 1540 du Conseil de Sécurité des Nations Unies contre la prolifération des armes nucléaires, chimiques et biologiques intègre le risque lié à la dualité de certaines technologies. Parallèlement, cela donne lieu à de multiples actions de coopération (l'Arrangement de Wassenaar, le Groupe des Fournisseurs Nucléaires, le Régime de Contrôle de la Technologie des Missiles, le Groupe de l'Australie, etc.).

C'est donc un défi majeur pour les exportateurs que de se comporter de manière appropriée face aux technologies à double usage. Ils doivent veiller à ne pas vendre, exporter ou transférer sans autorisation des biens duaux et des technologies associées. Une erreur de leur part pourrait avoir des conséquences financières et pénales. Certains pays comme les Etats-Unis disposent même d'une liste noire d'entreprises avec lesquelles toute relation commerciale est prohibée. Cela peut ruiner la réputation de l'exportateur et limiter ses débouchés, affectant clairement sa croissance. Ces questions liées à l'exportation de biens militaires ou duaux sont traitées sous le terme « *Compliance* ». Cette question relève à la fois

de la coopération internationale mais est également traitée de manière souveraine à l'intérieur de chacun des pays.

La dualité a une incidence sur plusieurs politiques publiques, la politique de défense, la politique industrielle en général ou encore la politique budgétaire et peut se révéler autant un moyen qu'une contrainte dans la poursuite des objectifs des gouvernements. Dans ce contexte, les pouvoirs publics prennent diverses initiatives visant à encourager, accompagner ou modérer la dualité.

1.3. Structuration des approches

Des approches diverses :

L'exposé de la section précédente montre qu'il existe un foisonnement d'études consacrées à la dualité et de là une grande richesse d'analyse. Néanmoins, il montre aussi une grande disparité sur la définition même de ce qu'est la dualité. A ce titre, il semble important d'insister sur trois points.

- La question de l'« objet » dual et de sa gouvernance : « *In some very important dual use fields like advanced materials and chemicals it is exceedingly difficult to separate process from product technologies* » (Molas-Gallart, 1997, p.374). La dualité est : « la recherche d'une organisation des échanges de connaissances et d'informations dans lequel l'Etat joue le rôle de facilitateur » (Mérindol, 2004, P.102). Ces deux citations montrent toute la difficulté qu'il y a à saisir ce qu'est la dualité. Dans un cas elle concerne des produits, dans un autre les technologies et les connaissances qui les composent, parfois cela englobe les moyens de production parfois non... De nombreuses manières d'appréhender ces questions ont été présentées ci-dessus et leur grande diversité rend très délicat l'exercice de synthèse. Néanmoins, il semble que

deux axes d'analyse se détachent : la question de l'objet dual et la question de la gouvernance de la dualité. C'est pourquoi ils serviront de fondement à la synthèse présentée ici.

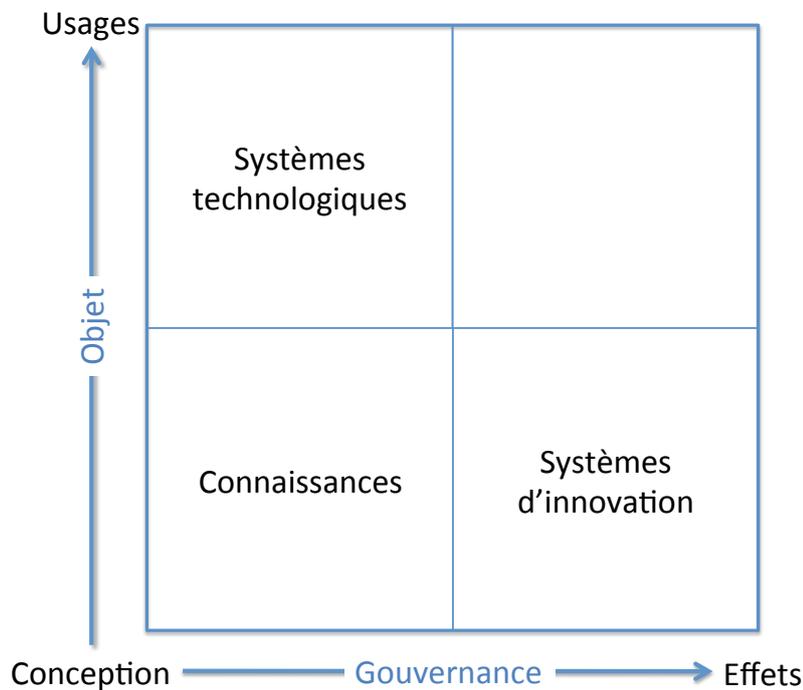
- La question des « retombées » (*spillovers*) : « *When duality is seen as a relation that sits not in the technology itself, but rather in a network in which the technology is designed and used, one can distinguish between duality and spillovers* » (Cowan et Foray, 1995 ; P.852). Cette question conditionne le type d'effets que l'on recherche par la mise en place d'une organisation duale. Le point de vue exprimé par Cowan et Foray n'est pas unanimement défendu. Certaines analyses insistent sur le caractère asymétrique de la recherche et développement et montrent la domination de l'une ou l'autre des sphères dans certains domaines technologiques (Alic, 1992). Cela implique d'accepter un retard technologique et d'être tiré par l'autre sphère pour bénéficier de retombées dans un sens comme dans l'autre (Moura, 2011). De telles approches s'opposent, puisque, dans l'une, l'objectif est de promouvoir la coproduction technologique alors que, dans l'autre, il s'agit de faire bénéficier à une sphère des avancées produites par l'autre. Dans ce cas, la dualité « se réfère aux manières par lesquelles des objets (produits et artefacts) utilisés dans un domaine peuvent être adaptés à d'autres » (Molas-Gallart, 1997)
- La question du potentiel dual : « *Often the dual use potential of many technologies is not realized* » (Molas-Gallart, 1997, p.370). Ce dernier point montre qu'en plus d'une question de nature, la difficulté dans la désignation de ce qu'est la dualité est aussi une question de niveau. De la détection d'un potentiel à son exploitation sous des formes multiples il existe une grande diversité d'exemples de technologies, duales à des niveaux divers, tant en termes d'intensité qu'en termes de stade de leur cycle de vie auquel cette dualité s'exerce (Mowery, 2010).

La grande variété des approches telle qu'elle a été jusqu'à présent montrée et ce sans qu'aucune ne parvienne à prendre en compte tous les aspects de la dualité, a encouragé un travail de synthèse permettant d'extraire les points saillants.

Taxonomie des études de la dualité :

Cette taxonomie s'articule autour des deux éléments précédemment évoqués que sont l'objet sur lequel repose la dualité et la gouvernance de la dualité. La proposition faite ici est de considérer ces éléments comme deux axes graduant les approches les unes par rapport aux autres. Par conséquent, sur l'axe de l'objet dual, les analyses sont nivelées de celles s'attardant à la conception de l'objet à celles se préoccupant de ses usages. Quant à l'axe gouvernance, il part lui aussi de la conception et va jusqu'aux analyses s'attachant à comprendre les effets d'une organisation duale.

Figure 4 : Taxonomie de la dualité



La figure 4 montre la place disponible pour proposer un cadre d'analyse exhaustif qui prend en compte à la fois les spécificités de l'objet dual considéré (de sa conception à son usage) et les différentes problématiques de gouvernance qui s'y associent.

2. Le « Système Dual d'Innovation »

En se fondant sur le constat de la section précédente, une définition du Système Dual d'Innovation (SDI), embrassant l'ensemble des phénomènes associés dans un cadre cohérent, est proposée. Il est le concept général au sein duquel l'analyse théorique et empirique de cette thèse s'insère.

Pour cela, le concept de système d'innovation sera détaillé en reprenant successivement les différentes approches avant de préciser celle qui sied le plus au cas dont il est ici question. Par la suite, le SDI est présenté comme une adaptation de ces approches au cas particulier de la dualité, c'est-à-dire un contexte multisectoriel unifié autour de multiples systèmes technologiques.

2.1. Les systèmes d'innovation

L'approche systémique :

Dans le cadre d'une approche systémique, l'innovation n'est pas, comme dans l'approche néoclassique, un processus séquentiel visant exclusivement à la production d'un nouveau produit (Smith, 2000), strictement définie par des contraintes économiques, mais le fruit d'un processus plus global qui repose sur trois fondements théoriques :

- Un fondement institutionnaliste : les institutions fondent les choix économiques. Les différences institutionnelles engendrent par conséquent des comportements et des performances économiques différentes (Smith, 2000).

- L'innovation est un processus cumulatif qui repose sur des contraintes internes et externes à l'entreprise (Kline et Rosenberg, 1986). Elles sont à la fois techniques et scientifiques mais aussi économiques. Ainsi, les spécialisations technologiques engendrent des phénomènes d'autosuffisance et des effets de système. Dans une perspective connexe, des auteurs mettent en avant le caractère combinatoire de la production de connaissances en tant que processus co-relationnel (Fleming et Sorenson, 2001, Olsson, 2000)
- L'innovation est un processus social qui caractérise les bases de connaissances (Asheim et Coenen 2005). Ces bases de connaissances se distinguent les unes des autres en raison des mécanismes d'apprentissage interactifs spécifiques aux agents de chaque système, ce qui conditionne leurs capacités d'innovation future.

Les Systèmes d'Innovations (SI) se définissent comme « *the network of institutions in the public and private sectors whose activities and interactions initiate, import, modify and diffuse new technologies* » (Freeman, 1988, p.1). **Il existe dans la littérature plusieurs variantes au concept de système d'innovation.** Précurseurs et très abondamment représentés, se trouvent les système territoriaux d'innovation, qui se repartissent entre les système nationaux (Freeman, 1988; Lundvall, 1992; Nelson, 1992 ; Niosi 2002), et, à une échelle plus réduite, les systèmes régionaux d'innovation (Cooke *et al.*, 1997 ; Asheim et Coenen 2005). Les systèmes sectoriels d'innovation sont quant à eux construits différemment puisque ce n'est plus le territoire qui détermine les frontières du système, mais l'industrie concernée (Breschi et Malerba, 1997 ; Malerba, 1999, 2002). Enfin, les systèmes technologiques d'innovation représentent la dernière variante ils sont constitués autour d'une technologie particulière dont ils assurent le développement, la diffusion et l'utilisation (Markard et Truffer, 2008 ; Bergek *et al.*, 2008, b).

Les travaux de Bergek *et al.* sont d'autant plus intéressants que ces auteurs ont identifié parmi les approches précédemment citées, les 7 « fonctions » clefs d'un système d'innovation : (1) la développement et la diffusion de la connaissance, (2) l'expérimentation entrepreneuriale, (3) l'orientation de la recherche, (4) la formation d'un marché, (5) le développement des externalités positives, (6) la promotion ou légitimation de la technologie et (7) la mobilisation des ressources nécessaires (Bergek *et al.*, 2008a).

Les systèmes nationaux d'innovation :

Ce type d'approche émerge dans les années 1980 avec les travaux de Freeman ou encore de Lundvall. Par la suite, le Système National d'Innovation (SNI) est défini comme « *a set of institutions whose interactions determine the innovative performance, in the sense above, of national firms* » (Nelson, 1992, p.3) ce qui reprend l'ensemble des fondements identifiés par Smith en les considérant au sein des frontières d'un pays. En effet, **cette approche suppose que les interactions systémiques à l'échelle d'une nation sont plus significatives que les interactions entre les pays alors qu'une échelle plus réduite ne permettrait pas de comprendre l'ensemble des dynamiques.** Cette dimension apparaît comme particulièrement intéressante pour l'analyse de l'industrie de l'armement autrement appelée industrie de souveraineté. D'ailleurs, dans son ouvrage de 1993 F. Chesnais met en avant le rôle de l'industrie d'armement dans le Système national français.

Niosi *et al.* (1992) relèvent 4 justifications à cette hypothèse :

1. Les déterminants associés aux marchés (marché du travail inclus), aux ressources et aux goûts qui sont plus uniformes au niveau national.
2. B. A. Lundvall (1985) et E. Von Hippel (1987) montrent que le cadre national favorise les relations informelles en comparaison avec le cadre international.

3. Le développement de technologies interdépendantes est plus à même d'intervenir au sein d'économies nationales (exemple : au Japon, les technologies de la télévision ont aidé au développement des magnétoscopes puis des caméras, du matériel audiovisuel et de la télévision HD).
4. Les politiques nationales structurent quant à elles les interactions entre les éléments du système.

Les systèmes régionaux d'innovation :

Sans renier les apports des approches en termes de SNI, cette approche met, comme son nom l'indique, en avant le caractère territorialisé du processus d'innovation et souligne l'importance des acteurs locaux. En France, la loi Notre (2016) souligne que le rôle de développement économique est aujourd'hui exclusivement dévolu aux régions qui sont « dorénavant seules habilitées à attribuer certaines aides et dotées de la responsabilité exclusive de la définition sur son territoire des orientations en matière de développement économique » ce qui fait de la région un cadre homogène de définition des politiques publiques et renforce alors la légitimité de ces approches. Dans les Système Régionaux d'Innovation (SRI), **l'idée défendue est que les avantages compétitifs des nations dépendent de multiples dynamiques d'innovation territorialisées au sein de « coalitions technologiques »** (Storper, 1995). L'hypothèse sous-jacente est que les proximités géographiques sont les plus déterminantes dans le processus d'innovation en favorisant les relations entre les entreprises innovantes, procurant ainsi les apports extérieurs (ou externalités) nécessaires. Il s'agit de la présence de main-d'œuvre qualifiée, d'intrants à la production tels que des sous-traitants des services nécessaires à l'innovation et de la réinjection des bénéfices au sein du système d'innovation régional (Doloreux et Guillaume, 2005).

Afin de délimiter les frontières du système, les frontières administratives ne sont pas nécessairement pertinentes. En revanche, elles doivent être tracées en respectant la cohérence du tissu économique et une certaine orientation « vers l'intérieur » du territoire dans les processus d'innovation. Ceci s'avère aussi important dans le cadre de la définition d'une politique visant à accompagner le développement du SRI. Si le territoire n'est pas cohérent ou suffisamment autocentré une politique publique sera moins efficace (Edquist, 2001).

Il existe en réalité de nombreuses structures territorialisées qui permettent de favoriser et exploiter les externalités matérielles ou immatérielle liées aux proximités géographiques (Elidrissi et Hauch, 2005). Si le passage du niveau national au niveau local peut se limiter à porter l'analyse à un niveau différent, dans les approches telles que les clusters de technologie, les technopoles, les milieux innovateurs et les districts industriels et technologiques « il s'agit de développer une vision plus dynamique, dans laquelle l'espace pertinent n'est plus prédéfini mais peut se créer à plusieurs niveaux de cohérence temporairement stabilisés » (Massard et Torre, 2004). Le concept de proximité est au cœur de ces approches et son opérationnalisation constitue un enjeu pour les économistes s'intéressant aux territoires.

Dans ce domaine, la question de l'accessibilité à la connaissance constitue une voie pour mesurer cette proximité (Massard et Meihner, 2009, Autant-Bernard, *et al.*, 2014). La mesure de la diffusion de la connaissance est donc un enjeu commun entre ces approches et la dualité.

Les systèmes sectoriels d'innovation :

Les Systèmes Sectoriels d'Innovation (SSI) constituent une variante de l'approche, non pas déterminée par le territoire, mais par une unité dans le secteur concerné, c'est-à-dire **une similarité de techniques, de demandes et parfois une interdépendance dans les**

stratégies des acteurs. Il existe quatre éléments qui justifient l'approche par le SSI (Malerba, 2002). Ils concernent :

- Les savoirs et processus d'apprentissage : il existe des différences entre les secteurs sur les mécanismes de gestion du savoir et les régimes d'apprentissage.
- La base technologique, les inputs et la demande : ces éléments qui diffèrent entre les secteurs contraignent fortement les comportements des firmes et des organisations.
- Les institutions : cela permet de mettre en lumière les interactions entre les institutions nationales et sectorielles. De plus, il existe une grande variété sectorielle dans les structures d'interactions marchandes et non marchandes entre les firmes et les organisations.
- Les processus de sélection et de génération de variétés : ces processus fondamentaux au cœur du changement économique pour les évolutionnistes sont largement contraints par les facteurs sectoriels.

Se fondant sur ces éléments Malerba propose la définition suivante : « *a set of new and established products for specific uses and the set of agents carrying out market and non-market interactions for the creation, production and sale of those products. Sectoral systems have a knowledge base, technologies, inputs and demand. The agents are individuals and organizations at various levels of aggregation, with specific learning processes, competencies, organizational structure, beliefs, objectives and behaviors. They interact through processes of communication, exchange, co-operation, competition and command, and their interactions are shaped by institutions. A sectoral system undergoes processes of change and transformation through the co-evolution of its various elements.* » (Malerba, 2002, p 248).

Les systèmes technologiques d'innovation :

La dernière catégorie d'approche, les Systèmes Technologiques d'Innovation (STI) est très proche de la précédente quitte à parfois se confondre avec elle. Elle peut s'appréhender de deux manières. Soit le STI est conçu comme un sous-système d'un SSI, c'est le cas lorsque l'accent est mis sur certains produits ou connaissances d'un secteur ; soit il se trouve à l'intersection de plusieurs SSI, c'est le cas si le produit ou la technologie est utilisée dans plusieurs secteurs (Bergek *et al.*, 2008b).

Il reste que, quel que soit le type de STI, lorsqu'une telle analyse est menée, trois choix fondamentaux doivent être clairement établis au préalable (Bergek *et al.*, 2008b). D'abord, le choix de l'unité servant à délimiter le système : il peut s'agir soit d'un produit soit d'un champ de connaissances. Ensuite, un choix en termes de profondeur de l'analyse. Ainsi, l'objet est-il d'approfondir l'étude du STI en fonction d'un cas particulier d'application de la technologie ou, au contraire, d'appréhender l'ensemble des applications possibles de la technologie en question. Enfin, il est important de préciser un cadre spatial puisqu'en la matière, le STI peut s'appréhender comme un système national ou régional.

L'objectif de cette approche est de trouver le bon niveau de système. D'une part, car lorsque le niveau d'agrégation est trop élevé, l'analyse en termes de système perd parfois de son pouvoir explicatif et, d'autre part, afin de guider au mieux la mise en œuvre des politiques publiques, certaines d'entre elles étant parfois organisées autour d'une technologie en particulier (Bergek, *et al.*, 2010). **Elle a l'avantage d'être l'approche la plus souple quant au choix du périmètre que l'on souhaite étudier. Cela permet d'être au plus proche d'une technologie en particulier, mais demande aussi une grande rigueur dans la stricte définition du périmètre de l'analyse empirique.**

Le système d'innovation permet en définitive de comprendre la complexité des interactions qui entrent en jeu dans le développement, la diffusion et l'acceptation d'une technologie. La problématique de la gouvernance d'un tel système est au cœur de l'analyse (Edquist, 1997, 2001) et permet de prendre en compte les effets de cette gouvernance à différentes échelles (nationale, régionale ou technologique). Par ailleurs, il offre la possibilité de considérer le ou les objets de l'analyse dans toutes leurs dimensions, de la conception à l'usage (Bergek *et al.*, 2008b). Pour ces raisons, il semble correspondre à l'étude de la dualité. Dans la section suivante, c'est en se fondant sur les enseignements tirés de ces approches qu'un cadre d'analyse de la dualité est construit.

2.2. Définition du système dual d'innovation

En se fondant sur les caractéristiques de la dualité présentées dans la première section de ce chapitre, il s'agit à présent de construire le cadre d'analyse qui englobe l'ensemble de la démarche. L'approche en termes de système d'innovation a montré par de nombreuses études, et ce de manière plus ou moins centrale, le rôle des interactions entre la défense et le civil dans les processus d'innovation (Guichard, 2004a ; Versailles, 2005 ; Serfati, 2005, 2008 ; Mérindol et Versailles, 2007).

Les technologies duales :

Les principales caractéristiques de l'innovation duale déterminent le type d'approche systémique qu'il convient d'adopter. Dans le cadre de ce travail trois caractéristiques apparaissent :

- Le système dépend de l'innovation duale étudiée : c'est une technologie et sa dualité particulière qui sont étudiées. Or les institutions (agences gouvernementales, groupements d'intérêts, entreprises, centres de recherche, universités) qui entrent en

ligne de compte dans le développement d'une technologie (duale en particulier) varient fortement d'une technologie à l'autre. Schématiquement, l'ONERA jouera un rôle central dans le développement dual des technologies aéronautiques alors que ce ne sera pas le cas si l'étude porte sur les satellites, auquel cas le CNES aura un rôle bien plus important à jouer.

- L'innovation duale est un phénomène principalement multisectoriel : c'est le potentiel d'application d'une technologie pour différents usages qui est au cœur de la dualité. Or, si un secteur se caractérise par un ensemble d'agents économiques participant à la production de produits similaires (Storper, 1995), alors, la dualité a de fortes chances de concerner plusieurs secteurs à la fois car les produits qu'elle concerne sont très divers.
- La dimension nationale est une composante importante mais incomplète : c'est en raison du caractère stratégique de l'industrie de défense que le cadre national constitue une échelle pertinente pour analyser la dualité. En effet, la dualité technologique est un enjeu de défense nationale à au moins deux titres. D'une part, dans une perspective positive, elle constitue un des moyens de répondre à l'excellence technologique requise pour les matériels de défense en développant les capacités d'innovation des industriels de défense (faculté à puiser de l'innovation technologique d'où qu'elle vienne). D'autre part, dans le but de limiter les capacités d'innovation de défense dans les pays non alliés (ou même alliés), la défense cherche à circonscrire au territoire national la diffusion des compétences liées à l'innovation de défense et donc cherche à éviter la diffusion, par le biais de technologies duales, des informations sur le contenu technologique de l'innovation de défense du pays.

Néanmoins, si l'enjeu est souvent national, il existe en la matière des coopérations internationales notamment au niveau de l'Union Européenne (coopération dans la production de certains équipements et constitution de groupes européens de défense comme Nexter et KMW dernièrement, ou encore dans contrôle des exportations des technologies duales au sein des *Join Research Center JRC* de la Commission Européenne), mais aussi transatlantique (partenariat dans le développement du F35). L'environnement d'innovation lui est donc bien souvent international. En effet, tout l'enjeu de la dualité est de capter et/ou d'émettre de la technologie en dehors de la sphère défense. Or en la matière se borner aux frontières nationales n'a aucun sens. Au contraire, il convient en la matière d'être à même de saisir les opportunités au dehors du territoire national. Le potentiel dual d'une technologie peut en effet tenir à la spécificité de l'innovation produite dans un autre territoire (en raison de ses facteurs de production spécifiques, de ses usages ou d'autres éléments institutionnels propres à ce territoire). Dans ce cas, tout en respectant la contrainte stratégique mentionnée précédemment, qui dépend fortement de la technologie en question, ce potentiel doit être pris en compte.

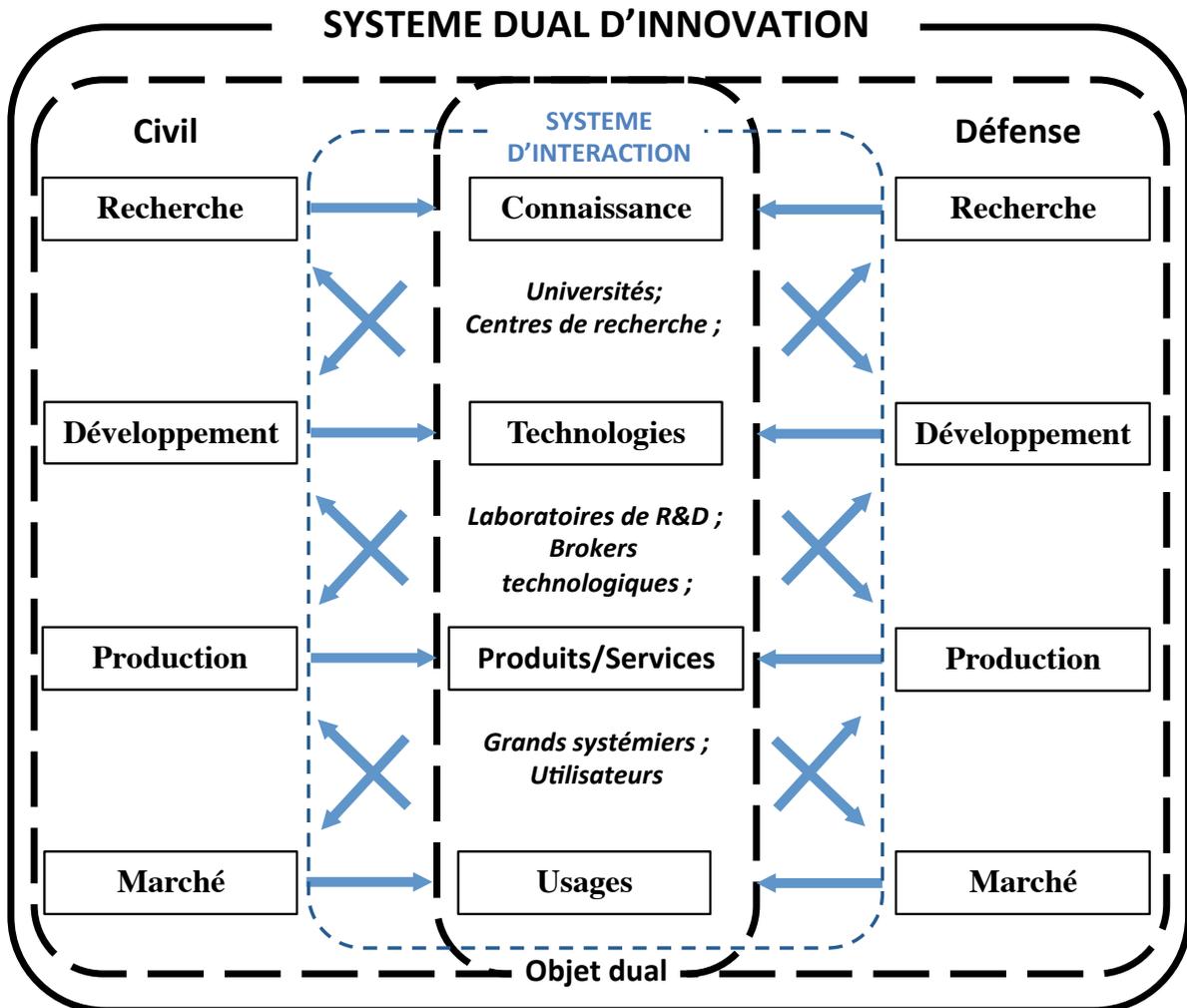
La technologie est donc au cœur du système dual d'innovation et, même si les enjeux stratégiques contraignent fortement la gouvernance de la dualité, l'objet peut quant à lui se révéler au-delà des frontières nationales. Il existe en définitive deux niveaux de lecture possibles. Le premier correspond à l'enjeu stratégique de défense et correspond bien souvent aux frontières terrestres, politiques et institutionnelles nationales. Le second correspond quant à lui plus spécifiquement à l'identification du périmètre technologique au sein duquel l'objet dual peut se développer. Ce périmètre n'a aucune raison de se cantonner aux frontières nationales. L'approche la plus pertinente semble donc être celle du STI sous contrainte d'enjeux stratégiques nationaux.

Le Système Dual d'Innovation :

En reprenant l'ensemble de ces éléments, un Système Dual d'Innovation (SDI) s'étudie au sein d'un territoire stratégiquement unifié, typiquement le territoire national hormis quelques coopérations internationales notamment dans le cadre de l'Union Européenne. **Le SDI est pour une technologie spécifique un ensemble d'institutions de la sphère défense et de la sphère civile qui contribuent à un processus d'innovation au sein d'un espace institutionnel contraint par les enjeux stratégiques de l'innovation de défense.** Il se caractérise par l'ensemble des mécanismes de transferts et de coopérations, formels et informels qui interviennent tout au long du processus d'innovation. Il détermine le potentiel de diffusion d'une technologie entre ces deux sphères dans différents secteurs, et c'est en fonction de ce potentiel que les gouvernements mettent en œuvre des politiques visant à accompagner ou contraindre le développement dual d'une technologie.

En s'inspirant de la représentation appliquée aux systèmes productifs localisés proposée par F. Carluer et R. Le Goff en 2002, la figure 5 permet de représenter un SDI. Cette analyse offre l'avantage de mettre en avant les phénomènes d'actions et de rétroactions qui caractérisent un système d'innovation et de proposer une grille d'analyse de la dualité en fonction du stade de développement technologique auquel elles apparaissent et des institutions que cela implique. Décrite ainsi, la dualité peut être étudiée à la manière d'un système d'innovation technologique. Cette approche permet d'aborder d'une manière inédite la mise en pratique concrète des principes de la dualité.

Figure 5 : Le système dual d'innovation



La représentation de la figure 5 montre les différents objets au travers desquels la dualité peut s'observer (les connaissances, les technologies, les produits ou services et enfin les usages) avec quelques uns des acteurs clefs présents à chaque stade. Par ailleurs, cette représentation qui simplifie la réalité en distinguant clairement la sphère défense de la sphère civile a l'avantage de montrer la complexité du système d'interactions qui permet à ces deux sphères d'interagir. Elle permet de ne pas omettre de l'analyse les boucles de rétroactions qui existent, non seulement au sein de chaque sphère, mais aussi entre elles. C'est ce type de boucles qui sont entrées en jeu dans le développement d'internet et c'est à l'aide de ce type de boucles que l'on peut interpréter la manière dont la technologie d'internet s'est développée. Comme le souligne C. Serfati (2008), aux Etats-Unis, le développement d'internet à

rapidement abouti à sa scission en deux réseaux séparés (Milinet et Arpanet) après l'échec des tentatives de collaboration directe. En revanche, il ne peut pas être dit que les deux développements ont été totalement cloisonnés, mais c'est par le biais de mécanismes indirects inhérents au système d'innovation américain dans son ensemble que ces interactions se sont mises en place (Serfati 2005) l'un devant attendre que l'output de l'autre émerge pour pouvoir *in fine* se l'approprier et l'intégrer dans sa réflexion.

Un tout complexe :

Comme cela vient d'être dit, cette approche montre toute la complexité de la dualité et cela implique que de très nombreuses approches distinctes mais complémentaires peuvent exister tout en respectant ce cadre d'analyse systémique supposant des interdépendances multiples. Il existe en la matière deux grandes catégories d'approches.

Les approches qui appréhendent le tout en cherchant à en expliciter l'organisation systémique et à en comprendre les mécanismes de gouvernance, ce sont les approches en termes de SI (Guichard, 2004a, 2004b ; Serfati, 2005, 2008 ; Versailles, 2005 ; Serfati, 2005, 2008 ; Mérindol et Versailles, 2007 ; Lazaric *et al.*, 2011). Elles ont l'avantage de mettre en évidence le rôle des différents acteurs, la manière dont ils interagissent au sein du système et d'observer la manière dont le système évolue. Néanmoins, ces analyses parviennent rarement à mesurer quantitativement la dualité tant elles s'efforcent de l'aborder dans toute sa complexité.

D'autres approches en revanche, sans renier le caractère systémique de la dualité, s'attachent à un élément particulier du système. Peuvent être citées à titre d'exemple les analyses portant : sur les connaissances au sein du SI (Guillou *et al.*, 2009), sur les mécanismes de transfert, composant essentiel du système (Mola-Gallart, 1997, 1998, 1999 ; Bellais et Guichard, 2006), sur la proximité technologique comme élément de construction du

système (Guichard, 2004b) etc. Ces analyses permettent de focaliser sur une composante du SDI, elles ont l'avantage d'en spécifier les caractéristiques de manière plus profonde et d'éventuellement mener des études quantitatives qui, replacées dans le contexte du SDI, permettent de mieux appréhender la dualité.

C'est ce type d'analyse empirique, mettant l'accent sur la connaissance au sein du SDI qui est menée dans la Partie deux de cette thèse. L'objectif est de mesurer, par le biais des connaissances, un potentiel dual. Ensuite, c'est le rôle des politiques publiques et du secteur privé d'accompagner conjointement la mise en place de ce système pour mieux exploiter ce potentiel: « *(Policies) deal with the organizational and informational requirements (e.g. mixed laboratories, networks, internal organization of the firm, information disclosure and learning), allowing a system (a firm, a sector, a country) to realize its duality potential* » (Cowan et Foray, 1995, p 859).

Conclusion

La revue de la littérature depuis l'émergence du concept de dualité jusqu'à ses développements récents montre la complexité de ses manifestations. Les aspects technologiques s'il sont primordiaux ne constituent pas l'unique axe dont il faut tenir compte dans l'analyse. Dans un premier temps, le travail de synthèse a mis en évidence la diversité des objets pouvant être qualifiés de duals puis a mis en avant les questions que cela pose en termes de gouvernance. C'est en tenant compte de ces deux axes que le Système Dual D'innovation (SDI) a été défini. Il offre l'avantage de, en le considérant dans son ensemble, de prendre en compte la complexité des interactions que la dualité sous-entend ; tout en permettant d'analyser la dualité couche après couche afin d'approfondir les différentes questions relatives à chaque étape du cycle de vie de la technologie.

C'est au sein de ce cadre d'analyse général que les développements suivants s'inscrivent ; ils se concentreront essentiellement sur la première couche. Insérer l'analyse dans un cadre global tel que le SDI confère à l'étude une portée générale et permet aisément de prolonger la réflexion proposée. Le principal apport de cette approche est de montrer que le périmètre du Système Dual d'Innovation doit être construit, dans un premier temps, en fonction des caractéristiques techniques d'un système technologique particulier et dans un second temps, en fonction des contraintes institutionnelles liée aux enjeux stratégiques de l'innovation de défense.

Chapitre 2 : La diffusion de la connaissance comme vecteur de la dualité au sein du Système Dual d'Innovation

Introduction

Après la présentation du Système Dual d'Innovation (SDI), ce chapitre étudie le rôle structurant de la diffusion de la connaissance dans les transferts technologiques duaux. Une méthode d'analyse originale est proposée. Elle s'articule autour du concept, défini dans ce chapitre, de « Systèmes de Connaissances Technologiques » (SCT) et tire profit des informations contenues dans les dépôts de brevets.

Comme cela a été mis en avant précédemment, la dualité est composée de nombreuses facettes complémentaires dont la dualité technologique fait partie. L'objectif de ce chapitre est de s'émanciper de l'étude de cas, communément employée afin d'étudier empiriquement ce phénomène. Pour cela, la méthode repose sur l'étude des connaissances qui constituent un élément de base de l'innovation technologique (Carlsson et Stankiewicz, 1991). Or, si la diffusion des connaissances entre la sphère civile et la sphère défense ne constitue qu'une partie de la dualité technologique, elle est un de ses éléments indispensables. Par conséquent, cette méthode porte dans sa philosophie une ambition d'universalité.

Par ailleurs, le processus de diffusion s'effectue par de multiples canaux qui dépendent du cadre institutionnel au sein duquel la technologie se développe. Or, toujours dans un souci d'universalité et afin d'appréhender le plus globalement possible la dualité technologique, le choix fait dans cette thèse est d'analyser les données issues des dépôts de brevets. En effet, avec l'émergence des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC) et la globalisation de l'économie, le cadre de diffusion de la connaissance n'est plus limité par les frontières nationales. Alors, et afin de mesurer les opportunités ainsi que les

risques associés à la dualité technologique, il convient d'analyser le phénomène au-delà du cadre français. Le brevet permet d'appréhender la connaissance de manière relativement uniforme à travers le monde et offre ainsi un ensemble de données pertinent au regard de cet objectif.

L'exploitation des données de brevets a d'ores et déjà démontré sa pertinence dans l'étude de la connaissance (Jaffe, 1986 ; Jaffe Trajtenberg, 2002 ; Verspagen, 2004 ; Jaffe et al.,2005). Or, afin de tirer le meilleur parti de ces données dans une analyse de la dualité, il est apparu essentiel de ne pas dépendre d'une identification *a priori* des technologies duales. C'est pourquoi, afin d'y parvenir, le concept de SCT est proposé. Il permet en effet de reconstituer des systèmes technologiques (Carlsson et Stankiewicz, 1991) sans dépendre des artefacts technologiques ou encore des usages qui servent habituellement à délimiter le cadre des technologies duales. L'ensemble des connaissances disponibles est ainsi étudié et laisse apparaître le potentiel dual, même là où les experts ne l'anticipent pas.

Ce chapitre se scinde en deux parties. Nous y présentons d'abord, d'un point de vue théorique, le processus de production et de diffusion de la connaissance afin de mettre en avant certaines de ses caractéristiques. Puis, à partir de ces éléments, que nous appliquons aux spécificités de la dualité, nous décrivons les modalités du processus dual de diffusion de la connaissance entre la sphère civile et la sphère militaire.

1. « Systèmes de Connaissances Technologiques » et diffusion des connaissances

Il convient, tout d'abord, de montrer en quoi les systèmes technologiques constituent un niveau d'analyse pertinent pour étudier la diffusion de la connaissance. A cette fin, et après avoir rappelé ce que les économistes entendent par technologie, le glissement de la technologie vers le système technologique tel qu'il apparaît dans les analyses contemporaines

sera souligné, puis c'est la nature des connaissances dans l'étude de la production de technologies qui sera discutée. Cette méthode permettra de justifier une approche par les connaissances et de définir le « Système de Connaissances Technologiques » (SCT).

Ensuite, en se fondant sur le concept de SCT, le processus de diffusion de la connaissance sera décrit. Après avoir montré l'intérêt de distinguer les briques de connaissances de l'architecture de connaissances dans cette étude, le rôle de l'environnement dans la production des connaissances sera détaillé. Puis, l'intérêt des brevets dans ce type d'étude sera mis en évidence. Une telle démarche permettra de faire émerger la notion de base de connaissances et ainsi d'introduire le rôle des organisations dans la dualité.

Enfin, le modèle de diffusion de la connaissance est détaillé à l'aide d'une représentation schématique.

1.1. Le système de connaissances comme unité d'analyse

En économie, on peut différencier au moins deux manières de traiter des questions associées à la technologie. D'une part, il y a l'approche néo-classique qui l'appréhende avant tout au travers du processus de production. La technologie représente l'ensemble des moyens fonctionnels de production et s'apparente par conséquent aux biens d'équipement durables. D'autre part, il y a l'approche de l'économie de l'innovation notamment dominée par le courant évolutionniste qui trouve ses origines chez A. Schumpeter (1911). Elle souligne l'importance de l'innovation dans la création de richesse et met ainsi l'accent sur les processus d'innovation (technologique en particulier, mais pas seulement) au travers d'une approche dynamique.

De nombreuses taxonomies permettent de classer l'innovation. Dans cette thèse, où il s'agit de traiter de l'innovation technologique qui s'oppose à l'innovation non technologique

(services), elle peut concerner les produits ou les procédés de production et peut être radicale ou incrémentale (*cf.* : manuel d'Oslo pour une présentation complète des types d'innovation, OCDE, 2005).

Les approches économiques de la technologie :

Les économistes distinguent au moins deux manières d'analyser la technologie (ou technique). La première se fonde sur une approche rationnelle qui est considérée comme un élément commun entre activité technique et activité économique. La seconde fait fi de la rationalité et propose d'étudier les comportements technologiques par le biais d'instruments économiques. Ces deux approches ont des implications différentes quant à la définition de la technologie (Bernard Paulré, « La connaissance dans les sociétés techniques », *mime*)

Dans les approches rationnelles, les « techniciens » et les économistes ont une approche analogue et visent à optimiser l'utilisation des ressources en fonction de leurs objectifs : « le problème technologique proprement dit est d'obtenir le maximum d'efficacité, c'est-à-dire de façon telle que la chance d'obtenir cet effet soit la plus grande possible » (Ladrière, 1977, p. 59). Schématiquement, le point de rencontre entre l'efficacité économique et l'efficacité technique se situe à l'intersection d'un isoquant et d'une contrainte de coût représentant une combinaison de facteurs de production pour un certain niveau d'efficacité.

Cette vision suggère que c'est la logique économique (la contrainte de coût) qui détermine le choix entre plusieurs possibilités techniques (les isoquants). La théorie de l'investissement induit de C. Kennedy (1964) va plus loin en y ajoutant une composante dynamique. Partant de l'hypothèse qu'il existe une courbe des possibilités d'innovation, cette théorie consiste à appliquer une analyse marginaliste afin de déterminer le niveau de production du progrès technique.

Ainsi, du point de vue des économistes rationalistes, la technique (ou la technologie) n'est considérée qu'au travers des performances économiques qu'elle génère et les choix, toujours rationnels en la matière, combinent rationalité économique et rationalité technicienne.

Par ailleurs, les analyses pour lesquelles la rationalité parfaite ne constitue pas une hypothèse de travail se font tant au niveau macroéconomique que microéconomique.

D'abord, au plan macroéconomique il est possible d'analyser le changement technique en fonction de la substitution entre capital et travail. Dans le cas de la théorie énoncée par J. Hicks (1932), il pose le principe qu'une modification des prix relatifs du capital et du travail engendre automatiquement une modification dans l'utilisation des facteurs de production poussant ainsi à innover à la faveur du facteur de production le moins cher. Cette théorie dépasse le cadre de la rationalité du modèle néoclassique puisque le choix de substituer du capital au travail n'y est pas déterminé par le prix relatif des facteurs mais par la réduction du coût total. Dans cette théorie de l'investissement induit, le progrès technique est entièrement guidé par des contraintes liées au marché. La hausse des salaires est une forme de garantie du progrès technique inhérente au capitalisme puisqu'elle pousse le producteur à l'innovation afin de maintenir voir de réduire ses coûts totaux.

Ensuite, si l'on s'attache aux approches microéconomiques, une partie d'entre elles s'attarde à démontrer le caractère irrationnel de certaines décisions associées à la technologie. A cet égard, la théorie des choix entre différents standards (B. Arthur, 1989) est éclairante. Elle montre comment des choix successifs de consommateurs peuvent mener à l'adoption d'une solution technique qui n'est pas « dans l'absolu » considérée comme la meilleure. La théorie de l'entrepreneur schumpetérien remet, elle aussi, en cause la rationalité telle que définie jusqu'ici, c'est-à-dire une rationalité instrumentale. Pour Schumpeter, il s'agit plutôt

d'une rationalité en valeur faisant référence au dépassement de soi, à la lutte pour ses convictions ou encore à la volonté de mener un projet. Ce sont ces déterminants qui permettent à l'entrepreneur de faire un choix parmi des solutions techniques. Elles sont définies de manière indépendante dans un environnement différent qui constitue un « champs des possibles ». C'est enfin le choix de l'entrepreneur qui en fait une innovation, c'est-à-dire qu'il la confronte aux utilisateurs. C'est donc l'entrepreneur et sa rationalité en valeur qui déterminent les techniques qui pourront ou non faire l'objet d'une acceptation sociale.

L'autre dimension majeure dans les approches microéconomiques s'attarde sur le rôle de la concurrence dans les choix technologiques. En la matière l'approche évolutionniste (Nelson et Winter, 1982) stipule que le consommateur étant libre, il fera un choix dicté par son utilité. Dans cette mesure, toute innovation adoptée par un consommateur est source de bien-être. Néanmoins, dans une économie capitaliste ce sont les profits qui déterminent les choix de production et les sources de profit et les sources de bien être ne sont pas toujours les mêmes. Or si, comme il a été dit, ce sont les producteurs qui proposent les solutions technologiques à l'appropriation collective, ce n'est donc pas l'utilité mais le profit qui dirige le progrès technique en contraignant les choix des consommateurs. Les capacités à tirer profit et à s'approprier ce profit deviennent alors des éléments déterminants dans les choix technologiques qui sont opérés. Les brevets, la différenciation technologique difficilement imitable, l'organisation et la nature des connaissances développées sont ainsi déterminés par ce jeu concurrentiel qui oriente le progrès technique.

Ces approches ont en commun qu'elles montrent une domination plus ou moins forte de la logique économique sur la logique technique, que cela repose sur une rationalité instrumentale, en valeur ou sur l'absence de rationalité. Ce cadre global posé il convient d'expliquer quelques notions connexes afin de définir précisément ce qu'est la technologie.

La définition de la technologie :

Le travail entrepris dans cette thèse se rapproche de la deuxième catégorie d'analyse et se fonde sur une représentation de la technologie dépassant le simple arrangement opérationnel des facteurs de production.

A la manière des économistes évolutionnistes ou encore des sociologues de l'innovation, la technique ou technologie est traitée en interaction avec la société. Dans un tel cadre d'analyse, à l'instar de la manière dont D. MacKenzie et J. Wajcman (1999) abordent la technologie, elle peut être définie à la fois comme : les artefacts, les systèmes techniques, la connaissance qui les compose et enfin la prise en main des ces artefacts et systèmes techniques au sein d'un environnement social.

Etudier la technologie revient par conséquent à analyser ces trois composantes. C'est-à-dire, à la fois comprendre les choix techniques matérialisés dans l'artefact, l'organisation des connaissances ayant permis le développement des solutions techniques et enfin le processus d'appropriation par un milieu social faisant passer, dans le langage économique, l'artefact du statut de solution technique à celui d'innovation.

Plus particulièrement, ce travail fait référence à la théorie économique évolutionniste, notamment sur l'idée que les changements techniques et l'innovation sont étroitement liés à des spécificités différenciées d'accumulation du savoir qui tracent de multiples trajectoires et régimes technologiques (Rosenberg, 1976). La connaissance comme déterminant du progrès technologique et de l'innovation constitue donc l'objet central de cette thèse.

Ce choix dans l'étude de la dualité semble cohérent car il paraît raisonnable d'estimer que c'est au niveau des connaissances que se situe une part importante du potentiel dual. En effet, rares sont les artefacts technologiques ayant des applications à la fois dans le domaine civil et militaire. Lorsque c'est le cas, il s'agit majoritairement de technologies génériques

tellement diffusées dans la société que la défense n'est qu'un utilisateur parmi tant d'autres (p.ex. les véhicules tout terrains léger). Le plus souvent, l'artefact militaire même s'il est proche de la solution civile, regroupe un certain nombre de caractéristiques, notamment en termes de performance, qui le différencient. Ceci est dû au processus de spécification qui adapte progressivement la technologie à l'utilisateur final (Mérindol et Versailles, 2010) alors que les connaissances qui supportent les deux solutions restent similaires (par exemple : moteurs de camion pour véhicule blindé). De même, les processus d'appropriation dans le domaine militaire sont tout à fait distincts des processus d'appropriation de la société civile. Le rôle de la hiérarchie, de la représentation des conflits, de la situation géopolitique ou encore des choix stratégiques d'un pays sont autant de déterminants clefs dans l'adoption d'une solution technique pour les acteurs de la défense qui n'ont en revanche qu'un rôle très secondaire pour le reste de la population.

Néanmoins, il est évident qu'un certain nombre de contre exemples peuvent contredire ce point de vue. En effet, certains artefacts sont parfaitement duaux (par exemple : les satellites ou les lanceurs spatiaux) tandis que, dans les armées, la place grandissante de l'utilisateur final dans les processus d'appropriation des solutions techniques rapproche les modes d'appropriation civils et militaires. C'est une analyse notamment soulignée par Valérie Mérindol au travers du concept de « *lead user* » (Von Hippel et Herstatt, 1992 ; Mérindol 2010).

S'attacher à l'analyse des connaissances revient à se concentrer sur une composante essentielle bien que non exclusive de la dualité comme la majorité des approches actuelles le soulignent (Chinworth 2000a, 2000b ; Guichard, 2004, 2004b ; Mérindol et Versailles, 2010 ; Acosta *et al.*, 2011 ; Mérindol et Versailles, 2014). En effet, cela permet à la fois de positionner la réflexion en amont, et ainsi d'observer l'émergence des connaissances avant qu'elles soient spécifiquement allouées au développement d'un artefact destiné à un usage

particulier, et à la fois en aval ce qui permet d'étudier l'effet des processus d'appropriation sur la diffusion des connaissances dans la société.

Les systèmes technologiques :

La technologie est abordée au travers d'une perspective systémique, ceci afin de mieux comprendre les multiples modalités d'interaction technologique entre la sphère civile et la sphère militaire. En effet c'est en considérant le système technologique dans sa globalité que l'on est à même de mesurer les proximités qui existent ou qu'il conviendrait d'encourager entre les deux sphères.

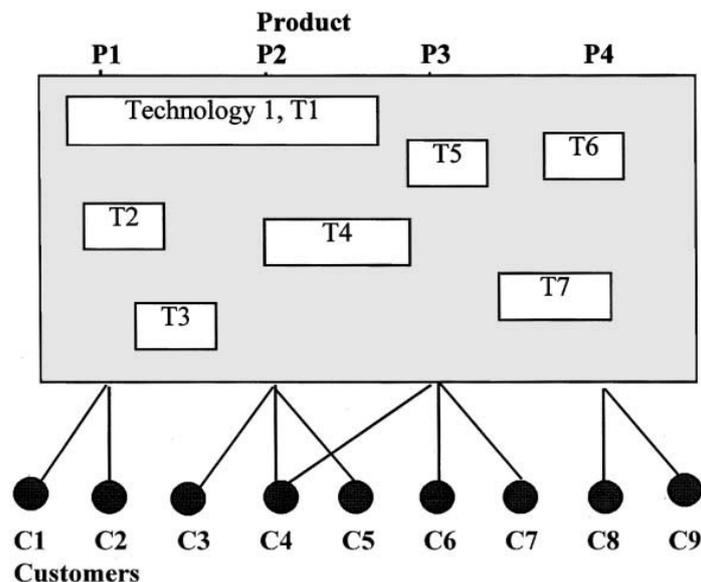
Le système technologique a été défini par B. Carlsson et R. Stankiewicz: « *A technological system may be defined as a network of agents interacting in a specific economic/industrial area under a particular institutional infrastructure or set of infrastructures and involved in the generation, diffusion, and utilization of technology. Technological systems are defined in terms of knowledge/competence flows rather than flows of ordinary goods and services* » (1991, p.111). Quatre principaux éléments composent les systèmes technologiques :

- Un noyau dur de connaissances techniques et scientifiques
- Une constellation de systèmes techniques
- Un environnement de marché
- Une interface institutionnelle

Cette représentation du système technologique (figure 5) semble tout à fait appropriée à l'étude de la dualité. En effet, elle montre que différents produits peuvent adresser différents consommateurs alors qu'ils reposent sur des technologies construites à partir d'une base de

connaissances techniques et scientifiques semblables (représentée par le grand rectangle gris). Ainsi, dans le cas présent, soit une (ou plusieurs) technologie(s) peut donner lieu à plusieurs produits distincts qui sont chacun destinés au domaine militaire ou au domaine civil ; soit, un produit reposant sur une (ou plusieurs) technologie(s) permet de développer un produit destiné à la fois aux militaires et aux civils. Dans les deux cas c'est un ensemble de connaissances qui, combinées d'une certaine manière, permettent de faire le pont entre les domaines civil et militaire.

Figure 6: Le système technologique



Source : Carlsson *et al.*, 2002

Un concept connexe mais néanmoins distinct est celui de **système technique** (Gille, 1978). Lui non plus ne s'attache pas seulement aux caractéristiques techniques ou secteurs auxquels un système est rattaché mais cherche plus particulièrement à comprendre comment les éléments d'un système (acteurs, organisations, connaissances, applications, usages) s'organise. Dans son analyse, il met en avant le rôle des technologie dites générique, autrement appelée *General Purpose Technologies*, (Bresnahan et Trajtenberg, 1995) dans le déploiement du système en question (De Bandt, 2002). Dans le système technique, l'ensemble

des éléments de connaissance et de savoir technologiques sont ainsi reliés et mis en cohérence à un niveau fonctionnel (Bainée, 2014).

Afin de compléter cette représentation systémique de la technologie et pour mieux comprendre ce que cela implique dans l'étude de la dualité, la théorie de la « Social Construction Of Technologies » (SCOT) développée par T. J. Pinch et E. Bijker (1984) semble pertinente et permet de surmonter les limites de l'approche actuelle des interactions technologiques entre la défense et le civil. Comme la réflexion proposée par MacKenzie (1993 et 1998) cette théorie repose sur l'idée qu'une technologie peut, non seulement être étudiée en fonction des connaissances qu'elle mobilise ou de ses attributs techniques, mais aussi en fonction de ses attributs sociaux.

Tout, comme dans la proposition de B. Carlsson et R. Stankiewicz un système technologique repose sur plusieurs systèmes techniques. Il combine des briques technologiques pour répondre aux besoins d'un groupe social sur la base d'une architecture de connaissances socialement construite (Bijker, 2010). Dans cette approche aussi, les connaissances constituent aussi un socle commun au système. Ainsi, même en considérant que la technologie n'a pas sa propre dynamique intrinsèque, mais est façonnée socialement, cela ne l'empêche pas de recombinaison les briques technologiques au travers de systèmes complexes différents. C'est ce que la SCOT définit comme la « **flexibilité interprétative** » : « *Because the description of an artefact through the eyes of different relevant social groups produces different descriptions and thus different artefacts, this results in the researcher's demonstrating the « interpretative flexibility » of the artefact. There is not one artefact, but many* » (Bijker, 2010, p.68).

La SCOT propose une analyse relativiste des systèmes technologiques qui évite de poser en priorité la question de l'objet technologique et met en avant l'importance des

groupes sociaux dans la mise au point et l'utilisation de la technologie (tableau 2). Elle considère un ensemble d'artefacts comme une combinaison de briques de connaissances socialement appliquées afin de répondre aux besoins spécifiques dans un contexte donné. Par conséquent, cette approche permet de surmonter les impasses précédentes dans l'analyse de la défense, notamment en évitant une évaluation déterministe des technologies.

Tableau 2 : Cadre analytique : SCOT

Unité d'analyse	Concepts clefs
Artefact unique (système technique)	Groupe social pertinent Flexibilité interprétative Stabilisation et fermeture Cadre technologique
Système technologique	Dynamique technologique
Ensemble sociotechnique	Verrouillage à l'intérieur de la technologie Eviction de la technologie
Culture technologique	Co-production

Source : Bijker, 2010 p.69

La SCOT conduit à analyser la manière dont les systèmes technologiques sont construits. Elle souligne l'importance de la dynamique technologique déterminée par la manière dont les connaissances sont articulées entre elles. Il est alors possible de prendre en considération la gamme d'applications potentielles des connaissances au-delà de la flexibilité interprétative.

Dans ces deux approches, la connaissance constitue le socle commun du système technologique. Et c'est en cela qu'elles apparaissent cohérentes dans cette analyse de la dualité technologique. Néanmoins, afin de développer plus en profondeur le cadre d'analyse il convient de revenir sur la nature des connaissances afin de bien comprendre les enjeux de ce travail.

La nature des connaissances :

La nature des connaissances influence la manière dont elles doivent être étudiées. Pour bien comprendre ce qui s'entend par connaissance, il faut d'abord, la distinguer de l'information et ensuite en étudier les caractéristiques.

Les premières réflexions sur la nature économique de la connaissance émergent dans des approches néo-classiques où les termes de connaissance et d'information sont généralement confondus. C'est notamment le cas dans les travaux d'Arrow (1962), fondateurs en la matière. Dans ce type d'approche, la connaissance (en particulier technologique) possède ainsi les caractéristiques de l'information : son utilisation est non rivale, elle est intrinsèquement indivisible, elle implique des coûts de production élevés, comparés aux coûts plus faibles liés à son utilisation répétée, et enfin son utilisation engendre des rendements croissants (Dosi et Nelson, 2010).

Dans cette perspective, l'économiste appréhende l'information comme une marchandise, elle est indissociable de la connaissance et se matérialise au travers de différents supports (livres, journaux, brevets, etc.). En termes d'analyse, deux conséquences en découlent. D'abord, les échanges de connaissances peuvent être traités, comme des transactions économiques, à l'aide des outils traditionnels de la micro-économie. C'est par exemple le cas pour les transactions de brevets. Ensuite, comme Arrow le démontre, il y a, pour inciter à l'innovation, une supériorité de la concurrence pure sur le monopole ainsi qu'une supériorité de l'Etat sur la concurrence. Cette démonstration repose entièrement sur l'existence de droits de propriété (les brevets) qui créent la rareté et sur la capacité des agents à disposer d'une information parfaite sur les performances économiques de la connaissance/ information.

Plus tard, la synthèse « Stanford–Yale–Sussex » (SYS), apporte des éléments complémentaires, soulignant des caractéristiques spécifiques à **la connaissance technologique** ou scientifique « *Science-Technology-Industry Links and the "European Paradox": Some Notes on the Dynamics of Scientific and Technological Research in Europe* » (David, 2004 ; Dosi *et al.*, 2006) . La différence majeure avec l'approche précédente est qu'ici, la possibilité d'appliquer les connaissances à n'importe quelle échelle ne signifie pas nécessairement que sa réplication est facile ou qu'elle n'engendre pas des coûts importants. Cela pour des raisons propres à la connaissance technologique.

Premièrement, la non rivalité implique que cette connaissance ne s'épuise pas à mesure qu'elle est transférée ou appliquée, mais cela ne signifie pas qu'il n'y a pas un coût lié à l'apprentissage de cette connaissance. Deuxièmement, l'aspect cumulatif du processus de production de la connaissance constitue un coût. En effet cela signifie que pour pouvoir absorber une connaissance (notamment technologique) un individu doit préalablement maîtriser les bonnes briques connaissances et être capable de les combiner entre-elles. Cette nécessité de maîtriser une connaissance avant de pouvoir en acquérir une autre engendre un coût d'entrée plus ou moins important. Percevoir la connaissance comme un bien public pur semble exagéré car même si son utilisation est non rivale, produire et acquérir de la connaissance (y compris en l'absence de droit de propriété) comporte souvent un coût non négligeable en raison des coûts d'apprentissage liés à la connaissance en question ou aux connaissances antérieures.

Alors, les coûts et les modes d'imitation ou de transferts de la connaissance technologique diffèrent de ceux associés à l'information (Mansfield, 1981). Le transfert de connaissance technologique même codifiée ne se résume pas à ce transfert informationnel et implique des coûts afin d'acquérir les connaissances non formalisées ou encore les compétences organisationnelles pour l'exploiter. Ceci implique une certaine incertitude dans

le résultat des flux de connaissances, résultat imperceptible quand on les assimile ces flux de connaissances à des flux d'information codifiés (Mansfield, 1981).

La connaissance, en particulier la connaissance technologique, semble pouvoir être différenciée de la simple « information marchandise ». En suivant la proposition de M. Polanyi (1983) les économistes séparent **connaissances codifiées et connaissances tacites**. La connaissance codifiée est explicitement transcrite et peut facilement faire l'objet de transaction, elle n'est pas attachée à un individu mais à un support (p.ex. brevet) ; en ce sens, elle se rapproche de l'information/connaissance telle que la définit Arrow. La connaissance tacite quant à elle est difficile à traduire. Elle comprend l'ensemble des savoirs faire qu'un individu ou une organisation porte en elle.

M. Polanyi va plus loin en disant que toute connaissance formalisée repose au moins partiellement sur une compréhension tacite. Elle peut être assimilée à la capacité à comprendre, articuler et appliquer les connaissances. Toute connaissance est donc tacite ou repose partiellement sur des connaissances tacites. La codification de la connaissance n'est donc jamais totale. Cette manière de considérer qu'il existe toujours une part tacite dans toute connaissance est reprise par certains économistes tel Dosi : « *The codified knowledge does not cover exactly the tacit knowledge base for which it tries to substitute* » (Dosi, 2009, p.119). De même, Winter (1998) propose de classer les connaissances en plusieurs catégories de la plus tacite à la plus formalisée. Pour d'autres en revanche, le passage de la connaissance tacite à la connaissance formalisée est le fruit d'une évolution de l'un vers l'autre : « *Typically, a piece of knowledge initially appears as purely tacit—a person has an idea. Often, though, as the new knowledge ages, it goes through a process whereby it becomes more codified* » (Cowan et Foray, 1997, p.595). Ce processus fait partie intégrante du cycle de vie de la technologie.

La valeur de la connaissance dépend de l'équilibre entre tacite et formalisé. Deux positions opposées se dessinent alors. Soit, c'est de ces connaissances tacites - ou savoirs communs comme les appelle A. Gorz (2003) - que dépend la capacité d'une société à intégrer de nouveaux savoirs. Ainsi, pour ce dernier, plus une société formalise les connaissances, plus elles se sont accaparées et donc plus la société se prive de savoirs communs et s'appauvrit. Soit le seul moyen de préserver la valeur d'échange de la connaissance est de la codifier ; c'est une fois codifiée, appropriée et incorporée dans des produits qu'elle peut être valorisée. Les outils tels que le brevet servent à préserver ce mécanisme. Dans un cas comme dans l'autre, même si l'influence est différente, la diffusion de la connaissance dépend toujours de la codification du savoir.

Il semble que la connaissance technologique et scientifique soit à même d'être formalisée comme par exemple au travers d'un brevet ou d'un article scientifique, que la formalisation de la connaissance soit considérée comme complète ou qu'une partie tacite continue à exister dans toute connaissance même codifiée. Sous cette forme, elle peut être comprise par une communauté d'ingénieurs qui possèdent les connaissances tacites et/ou formelles nécessaires à la compréhension et à l'utilisation de ces connaissances formalisées.

Ces précisions sur la manière dont les économistes perçoivent la connaissance technologique permettent de mieux comprendre le choix fait dans cette thèse de l'étudier par le biais des brevets. Afin d'intégrer dans ce travail la distinction entre connaissance tacite et codifiée c'est la vision commune à M. Polanyi et G. Dosi qui est retenue. La connaissance codifiée est directement portée par le brevet alors que la connaissance tacite est contenue dans les organisations qui, grâce à elle sont capables d'articuler, comprendre et employer les connaissances formalisées. C'est cette organisation symbiotique de la connaissance qui est retenue.

Le système de connaissances technologiques :

Comme cela a été présenté jusqu'ici, identifier un système technologique permet de dégager un ensemble de connaissances qui constitue un socle à ce système. Alors, afin d'observer ces connaissances, deux logiques s'opposent. La première consiste à identifier les systèmes à partir de l'output, c'est-à-dire les artefacts technologiques associés au système et à retrouver quelles sont les connaissances qui le soutiennent. La seconde part des connaissances, définit un ensemble en interaction et identifie ensuite les artefacts qui reposent sur cet ensemble de connaissances.

La première méthode ne semble pas appropriée à un travail sur la dualité. En effet, analyser l'innovation technologique duale mène à étudier des innovations militaires, or ces dernières sont souvent difficiles d'accès et leurs caractéristiques technologiques le sont encore plus. Les données sont par définition sensibles ; connaître dans le détail les caractéristiques d'un système d'arme particulier afin de le rattacher à un système technique plus large pose des problèmes évidents de sécurité si l'information est diffusée (Buesa, 2001). Eliminer certains matériels de l'analyse car jugés trop sensibles pourrait s'avérer être une solution à cette difficulté, néanmoins, cela reviendrait à préjuger de la non dualité de ces technologies. Or si l'artefact en particulier est sensible et non dual, la connaissance qui le compose ne l'est pas forcément. Dans ce contexte, développer une démarche d'expert consistant à étudier les artefacts militaires pour en comprendre les caractéristiques technologiques afin de reconstituer la base de connaissances et *in fine* d'en étudier la dualité semble complexe et hasardeux pour un économiste.

En revanche, la méthodologie développée ici repose sur la seconde logique qui semble plus appropriée. Elle se fonde sur l'analyse des connaissances afin de délimiter des systèmes technologiques. Cela implique que la connaissance exhaustive des matériels militaires n'est

pas nécessaire ; les données portant sur les connaissances, notamment grâce aux brevets, s'avèrent bien plus faciles à recueillir et à analyser pour un économiste. La démarche proposée ici consiste donc à étudier les interactions entre les connaissances afin de déterminer quelles sont celles qui font système et qui permettent de produire des innovations technologiques.

C'est à cette fin que le concept de SCT est proposé. Il se définit à l'image d'un système de connaissances scientifiques qui correspond à l'ensemble des connaissances étroitement liées les unes aux autres permettant l'élaboration et la compréhension d'une problématique scientifique. Ainsi, Cournot décrit par exemple les mathématiques comme un système de connaissances scientifiques « fondé sur des notions idéales qui se trouvent dans tous les esprits » (Cournot, 1847).

Dans cet esprit, un SCT correspond à l'ensemble des connaissances qui, étroitement liées entre elles, sont à l'origine de synergie dans la production technologique. Cet ensemble cohérent de connaissances (fondées sur des principes scientifiques ou non) associé à des compétences spécifiques permet de proposer des solutions techniques qui sont alors combinées entre elles au sein d'un ou plusieurs systèmes technologiques.

1.2. La diffusion de la connaissance

Afin de comprendre comment la dualité technologique de l'innovation est mesurée dans cette thèse, il convient à présent de se pencher sur la manière dont la connaissance est produite et se diffuse. La question de la diffusion de la connaissance est primordiale dans un processus d'innovation dual. Or, d'une part, ce partage de la connaissance est le résultat d'un choix stratégique de la firme ; cette dernière optera ou non pour la diffusion d'un savoir en

fonction de son caractère compétitif (Fauchart, 2003). D'autre part, la diffusion des connaissances dépend des capacités d'absorption des autres firmes (Cohen et Levinthal, 1990). Ces éléments permettent de proposer dans cette section un modèle de diffusion de la connaissance.

Le processus de production de la connaissance :

Il semble important, dans le cadre de ce travail et afin d'étudier la diffusion de la connaissance, d'insister sur deux propriétés du processus de production de la connaissance : un processus cumulatif et un processus fondé sur une structure co-relationnelle (Krafft *et al.*, 2011).

- Un processus cumulatif. Cela peut facilement se comprendre à l'aide de la célèbre métaphore « *nani gigantum humeris insidentes* » (des nains sur des épaules de géants) attribuée à Bernard de Chartres. C'est parce que les anciens ont accumulé du savoir qu'ils ont ensuite transmis qu'il est possible de regarder plus loin c'est-à-dire ajouter de nouvelles connaissances à ce savoir. Cette métaphore montre bien en quoi l'activité de recherche et développement dépend des connaissances préalablement acquises. On peut en déduire deux éléments. D'une part, plus une entreprise maîtrise des connaissances, plus elle est à même d'en acquérir et, *in fine*, d'en produire de nouvelles ; d'autre part, il n'est pas possible d'acquérir certaines connaissances sans maîtriser les connaissances sur lesquelles elles se fondent. Ces deux éléments, l'un quantitatif et l'autre qualitatif déterminent ce que W. Cohen et D. Levinthal (1990) appellent les capacités d'absorption de la firme. Autrement dit, les connaissances qu'une entreprise peut acquérir dépendent des connaissances qu'elle maîtrise.

- Un processus reposant sur une structure co-relationnelle. Le développement de nouvelles connaissances permet de multiplier les combinaisons et recombinaisons possibles entre elles (Fleming et Sorenson, 2001). En effet, le processus de production d'une connaissance dépend de l'environnement au sein duquel il s'insère au premier rang duquel on retrouve l'environnement technologique. Les relations qui existent entre les unités de connaissances conditionnent elles aussi la production future des connaissances. Ainsi, la mise en relation de deux connaissances entre elles ouvre deux nouveaux champs de développement qu'il n'est possible d'atteindre qu'en articulant ces connaissances entre elles. La structure de ces relations (intensité, force, hiérarchie etc.) détermine sa trajectoire technologique. C'est cette structure que le concept, détaillé plus loin, de base de connaissances permet d'appréhender.

Ces deux propriétés conduisent à prendre en compte, d'une part, l'antériorité dans la production de connaissances et, d'autre part, les combinaisons qui sont à l'origine de la production de connaissances nouvelles. Pour cela il faut distinguer deux catégories de connaissances.

Brique et architecture de connaissances :

La typologie proposée par R. M. Henderson et K. B. Clark (1990) permet de différencier deux niveaux de connaissance. D'une part, la brique de connaissance (*component knowledge*) qui correspond à l'unité de connaissance qui peut être plus ou moins importante. D'autre part, l'architecture de connaissances (*architectural knowledge*) qui révèle les relations qui existent entre elles.

Cette typologie permet d'étudier l'agencement des connaissances au sein d'une organisation. Or cette notion d'architecture peut se retrouver à d'autres niveaux. En effet, à la

manière de K. Ulrich (1995), l'architecture est analysée au niveau des produits et se comprend dans ce cas comme le schéma qui alloue à chaque composant une fonction au sein d'un produit. C'est donc ce schéma qui lie ces composants entre eux.

Cette distinction entre architecture et composant montre qu'afin de comprendre la manière dont les connaissances se diffusent, il faut à la fois étudier les briques de connaissances et l'articulation de ces briques entre elles. Pour une organisation, maîtriser une brique de connaissance ne suffit pas à se l'approprier, il faut être capable de l'articuler avec les autres connaissances dont elle dispose.

Etant donné les caractères cumulatif et co-relationnel de la connaissance, cela montre que la manière dont les briques de connaissances et l'architecture de connaissances sont aujourd'hui dispersées au sein et entre les organisations conditionne la diffusion et la production de la connaissance future. Par conséquent, l'environnement et les liens que les agents économiques tissent entre eux sont des déterminants clefs de la production de connaissances.

Environnement et production de connaissances :

Durant les dernières décennies, un nombre croissant d'organisations et de nations a participé à la production de connaissances en multipliant les collaborations nationales ou internationales (Powell et Giannella, 2010). Ce constat est particulièrement vrai lorsque l'on observe les brevets. Un rapport de l'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) datant de 2008 montre une forte accélération du nombre de brevets accordés à travers le monde à partir du milieu des années 1990, spécialement dans les cinq offices les plus importants (Etats-Unis, Japon, Chine, Corée du Sud et Europe). De plus, le nombre d'auteurs par brevet a aussi augmenté durant ces dernières années, certains pouvant voir dans cette évolution le besoin d'intégrer un champ plus vaste de connaissances afin de pouvoir innover

(Powell et Giannella, 2010). Enfin, les sources et les moyens de diffusion de la connaissance se diversifient (Dibiadgio et Meschi, 2010). Dans un tel environnement il est difficile de discerner quelles connaissances sont source d'opportunités technologiques (Cohen *et al.*, 2002).

Dans ce contexte, les réseaux d'innovation se développent et jouent un rôle de plus en plus structurant dans les processus de diffusion de la connaissance. L'angle des réseaux d'innovation est intéressant car les interactions entre les acteurs d'un réseau influencent les caractéristiques des technologies, idée commune aux théories précédemment mises en avant (système technologique et SCOT).

Dans les années 1960 émergent ces approches des connaissances en réseaux qui mettent en avant les sources externes aux entreprises dans leurs processus d'innovation interne (Freeman, 1990). Ces différents travaux ont permis de dévoiler le rôle clef que jouent certaines interactions dans le succès d'une innovation. La définition proposée par K. Imai et Y. Baba reprise dans C. Freeman (1991, p.502) permet de présenter simplement ces approches : « *Network organisation is a basic institutional arrangement to cope with systemic innovation. Networks can be viewed as an inter-penetrated form of market and organisation. Empirically they are loosely coupled organisations having a core with both weak and strong ties among constituent members... We emphasise the importance of cooperative relationships among firms as a key linkage mechanism of network configurations. They include joint ventures, licensing arrangements, management sub-contracting, production sharing collaboration.* ». Elle signale au passage l'intérêt de ces approches dans le cadre d'une approche systémique. De plus, à la manière des connaissances formelles et des connaissances tacites, il existe des réseaux formels et d'autres qui ne le sont pas. Dans un travail de synthèse, Freeman rappelle que la ressemblance peut être poussée plus loin. En effet, comme la

connaissance informelle vient souvent soutenir et compléter la connaissance formelle, derrière un réseau formel se cache souvent un réseau informel.

L'un des principaux apports est de souligner l'importance des facteurs sociologiques dans le processus d'innovation. C'est par exemple le cas de la relation entre l'utilisateur final et le producteur de l'innovation (Lundvall, 1985). Cette relation a été identifiée au cours du projet SAPPHO (Curnow, Moring, 1968) comme primordiale afin de comprendre les attentes des usagers futurs et les circonstances dans lesquelles l'innovation pourra être utilisée.

Le concept de Réseau Technico Economique (RTE) qui met l'accent sur l'hétérogénéité des acteurs semble particulièrement intéressant : « *These long and heterogeneous networks introduce new and very different modalities of organization and of regulation from those of the preceding model centered on a single company* » (Callon *et al.*, 1992, p.216). Un tel réseau comprend des entreprises, des laboratoires de recherche, des organismes financiers, des usagers et des pouvoirs publics. Il permet de combiner une analyse statique et une analyse dynamique. D'un point de vue statique, il met en évidence les acteurs ainsi que les différents intermédiaires qui le mettent en relation. D'un point de vue dynamique, il montre que la transformation du réseau coïncide avec l'évolution des acteurs et de leurs relations.

La stabilité de ces réseaux est un enjeu majeur qui dépend des éléments qui le composent et du rôle qu'ils jouent en son sein (Elzen *et al.*, 1996, 2004). Deux types d'acteurs semblent en la matière particulièrement utiles. D'abord, il y a les « acteurs consacrés à la construction des réseaux ». Ils sont à la fois moteurs auprès des acteurs déjà engagés et à la fois impliqués dans la recherche de nouveaux partenaires afin de faire vivre le réseau. Ensuite les « acteurs critiques » qui, sans être directement impliqués dans le développement technologique permettent de l'orienter. C'est par exemple le cas des acteurs financiers.

P. Bouvier-Patron (1994, 2015) propose dans cette perspective une structure générique d'alliances et de partenariats entre agents économiques et institutionnels, ainsi qu'une typologie de ces agents mettant en avant leur diversité et leur position dans le réseau. D'après lui, la constitution d'un réseau repose sur un degré élevé de « symétrie relationnelle » entre les acteurs. C'est-à-dire, à la fois une position relative équivalente et, de part et d'autre, une faible incitation à la rupture garantissant une répartition équitable des gains.

Comme B. Elzen, P. Bouvier-Patron (1994) montre l'influence des agents « coordinateurs » dans la structure du réseau. Dans ce cas, le rôle de l'agent coordinateur est de construire des relations particulières entre les agents afin de garantir une spécificité au résultat (un même savoir générique traité au sein d'une relation particulière permet de rendre la production unique). Ceci s'avère avantageux pour l'acteur qui fournit une prestation. En effet, si la relation n'est pas spécifique le débouché est plus standard et, dans ce cas, la concurrence est plus intense. Alors qu'en cas de produit spécifique, le pouvoir de négociation pour le prestataire augmente. Pour Bouvier-Patron, la stabilité du réseau repose donc sur des mécanismes micro économiques. Une fois l'accord négocié, il s'établit, de part et d'autre, une incitation à fixer la relation, ce qui stabilise le réseau. Ce mécanisme repose sur une libre adhésion au réseau et une possibilité de sortie en cas de modification de l'environnement (faibles coûts irrécouvrables). Il aboutit à la transformation des comportements dans la relation, en raison du caractère spécifique des connaissances produites au cours de l'interaction (Brousseau et al., 1996).

La caractéristique du réseau apparaît donc ici comme un déterminant technologique (Elzen *et al.*, 1996). **L'analyse en termes de réseau semble donc adaptée à l'analyse de l'innovation duale. En effet, le domaine militaire, et à plus juste titre encore l'innovation duale, engage souvent un ensemble d'acteurs hétérogènes au sein d'un vaste réseau. La**

nature de ces réseaux influence par conséquent les caractéristiques technologiques de la dualité (Guichard, 2004b).

Le brevet pour observer les connaissances :

Leydesdorff et al. (2014), souligne que les brevets fournissent une source d'information riche sur l'activité d'innovation et son contexte en précisant notamment le nom des inventeurs et des exploitants, les sources de leurs connaissances ou encore les lieux où se déroule l'activité d'innovation. C'est ce type d'information qui est particulièrement utile pour observer le processus de production de la connaissance ainsi que sa diffusion en cartographiant les évolutions technologiques. L'utilisation d'indicateurs structuraux permettent de mesurer la diffusion des technologies et des connaissances qui les composent. A l'instar de nombreux auteurs (p.ex. Jaffe et al., 1993 Maurseth et Verspagen, 1998, Verspagen et Schoenmarkers, 2000), cette thèse participe au développement nécessaire des méthodologies qui permettent de rendre compte de ces contextes. Ces méthodes seront développées dans la seconde partie de la thèse.

Comme il a été expliqué précédemment, la capacité d'absorption d'une organisation repose sur les connaissances qu'elle maîtrise, aussi bien la connaissance formalisée que la connaissance tacite. Effectivement, la part formelle ne permet pas d'appréhender l'intégralité des connaissances qu'un individu ou un groupe d'individus maîtrise. Elle révèle aisément quelles briques de connaissances sont maîtrisées, en revanche, elle ne révèle pas entièrement les connaissances qui permettent d'articuler ces connaissances entre elles (architecture de connaissance). Ce rôle est notamment joué par les connaissances tacites. Pour analyser les capacités d'absorption, il faut donc observer à la fois les connaissances tacites et les connaissances formelles.

La part formelle s'avère relativement facile à observer puisque par définition il en existe une trace ; la part tacite quant à elle l'est beaucoup moins. En effet, puisqu'elle n'est pas matérialisée en tant que telle et que ce sont des individus qui portent cette connaissance tacite, c'est en observant des réalisations que cette connaissance se révèle. Alors, en observant l'organisation des connaissances formalisées entre elles, il est possible de révéler la part informelle sous-jacente, car c'est en partie grâce à elle que les connaissances formalisées peuvent être mises en cohérence afin de produire une technologie. Cette articulation des connaissances formalisées peut s'observer à différentes échelles, au niveau d'un système technologique, d'une organisation, d'une industrie... Dès lors, mieux comprendre la structuration de la connaissance constitue un enjeu, pour les entreprises elles-mêmes, mais aussi pour l'ensemble des acteurs qui cherchent à comprendre le processus de diffusion de la connaissance (décideurs publics, économistes, régulateurs etc.) et plus spécifiquement dans le cadre de la dualité. Afin de réaliser un tel travail, l'analyse des brevets s'avère une source d'information pertinente.

D'abord, il convient de rappeler rapidement quelques caractéristiques du brevet (plus de détail en partie 2). Le dépôt de brevet est comparable à un article universitaire et contient à ce titre deux informations. D'une part, comme un universitaire doit citer les articles qui lui ont permis de développer son propos, un brevet doit citer les brevets sur lesquels il s'appuie afin de proposer son innovation. D'autre part, le brevet mentionne les classes technologiques auxquels il appartient, autrement dit le type de connaissance qu'il mobilise. A ce titre, en dépit du fait que l'étude des brevets montre que le développement des connaissances dans un domaine repose essentiellement sur les connaissances produites antérieurement dans ce même domaine, le brevet d'une classe technologique peut citer des brevets qui sont issus d'une autre classe technologique et ainsi mettre en relation des connaissances provenant de domaines divers. Dans ce cas, soit le déposant du brevet est capable d'assimiler ces connaissances

diverses seul, soit il utilise son environnement, c'est ainsi le principe co-relationnel de l'innovation que l'on peut analyser à l'aide de la classification des brevets.

Ensuite, les brevets s'avèrent une source d'information utile car ils compilent une somme d'informations stable dans le temps. La classification des technologies qui est aujourd'hui appliquée aux brevets n'est certes pas la même que celle qui existait il y a un siècle, elle s'est adaptée aux évolutions technologiques. Néanmoins, il existe une rétrocompatibilité de cette classification. Il est donc possible, pour les brevets des principaux offices de protection de la propriété intellectuelle, d'étudier l'ensemble des brevets qu'ils ont enregistrés avec la classification d'aujourd'hui. Ce qui permet de réaliser des études sur de longues périodes.

Enfin, le brevet connaît une diffusion mondiale. C'est l'outil de formalisation de la connaissance le plus largement diffusé. De plus, l'OMPI (Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle) montre, au travers de sa base de données (C. Fink, I. Hamdan-Livramento, et J. Raffo : « Rapport 2015 sur la propriété intellectuelle dans le monde ») que son utilisation a plutôt tendance à s'intensifier depuis les années 1990. Il existe en particulier un rattrapage des pays en développement, la Chine étant même devenue le premier déposant de brevets au monde. Par ailleurs, le dépôt de brevets a tendance à s'unifier puisqu'une part croissante des dépôts de brevets se fait dans plusieurs offices à la fois, ceci notamment grâce au Traité de Coopération en matière de Brevets (TCB) qui simplifie le système de demande dans plusieurs pays à la fois. La source de données est donc colossale.

Néanmoins, il est évident que l'analyse des brevets n'offre pas une information parfaite et qu'une telle analyse a des limites.

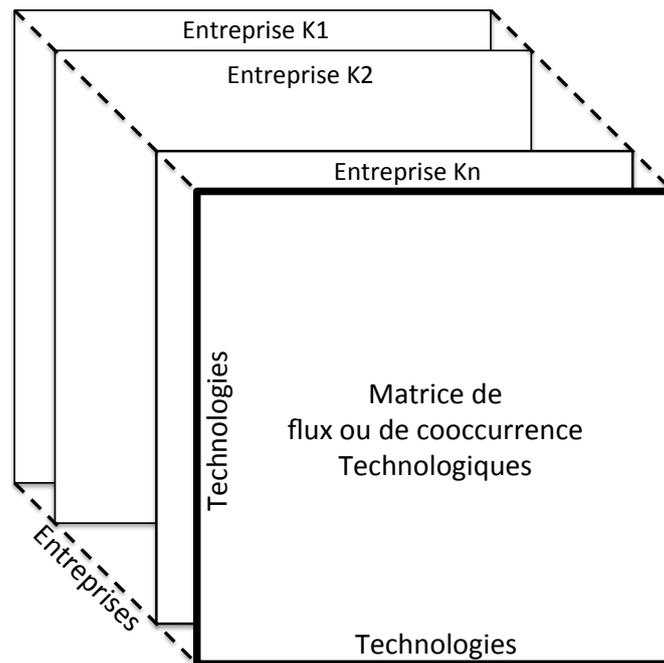
Afin de tirer le meilleur parti des données de brevets tout en ayant conscience de ses limites, cette thèse propose, sur la base d'une représentation classique des données de brevets, un ensemble d'outils originaux.

La base de connaissances des organisations :

Afin d'étudier le processus de diffusion de la connaissance, celle-ci est représentée sous forme de « Paysage ». Dans cette représentation en réseau les nœuds correspondent à des classes technologiques et les arcs entre les nœuds aux liens entre ces classes technologiques. Ces liens peuvent être de deux types. Soit des liens de citation, c'est-à-dire que deux classes technologiques sont liées entre elles lorsqu'un brevet appartenant à une classe technologique cite un brevet appartenant à une autre. Soit des liens de cooccurrence, c'est-à-dire que deux classes technologiques sont liées entre elles lorsqu'un brevet est classé dans ces deux classes à la fois. Ceci permet d'obtenir deux types de paysage en deux dimensions auxquels s'ajoute une troisième dimension relative aux au sein desquelles ces liens sont tissés.

Afin de représenter les organisations, le concept de base de connaissances tel qu'il est défini par L. Nesta et P-P. Saviotti (2005, 2006) ou J. Krafft, F. Quatraro, P-P. Saviotti (2011) est utilisé. A chacune d'elles correspond un réseau qui lie les classes technologiques des brevets qu'elle dépose. Ainsi, ce paysage technologique propre à chacune peut être repositionné par rapport au paysage global. Ce réseau ou graphe est calculé d'après une matrice adjacente telle que la figure 7 la représente. La somme des couches de matrice d'entreprise constitue la matrice de flux (ou de cooccurrence) technologique globale. La construction de ces matrices est détaillée dans la partie 2.

Figure 7 : Matrice de flux ou de cooccurrence technologique



Un tel graphe « en trois dimensions » est pertinent afin d'étudier les mécanismes de diffusion de la connaissance pour deux raisons essentielles.

Premièrement, il distingue les briques de connaissances qui correspondent aux classes technologiques et les architectures de connaissances qui sont représentées par les liens entre les classes technologiques. Or, comme cela a été précisé précédemment, ces deux dimensions sont à prendre en compte dans l'étude des transferts de connaissances tant ils conditionnent les capacités d'absorption d'une organisation. Deuxièmement, il permet de visualiser les mouvements tant au niveau des nœuds que des liens et donc tant au niveau des briques de connaissances qu'au niveau des architectures de connaissances.

Ces deux éléments permettent de définir la structure actuelle des connaissances. Or, comme il a été dit précédemment, la structure actuelle conditionne les mouvements futurs. Pour appréhender ce processus, il se distingue deux composantes de la base de connaissance. La première renvoie au concept de circuit, elle correspond à l'exploitation de combinaisons de facteurs de production existantes (dans ce cas des connaissances). La seconde renvoie à son

évolution, elle correspond au remplacement des combinaisons actuelles par de nouvelles combinaisons de facteurs de production (Tremblay 2003). **Cela permet donc de mesurer des opportunités en termes de diffusion de la connaissance et donc de mesurer un potentiel de diffusion dual.**

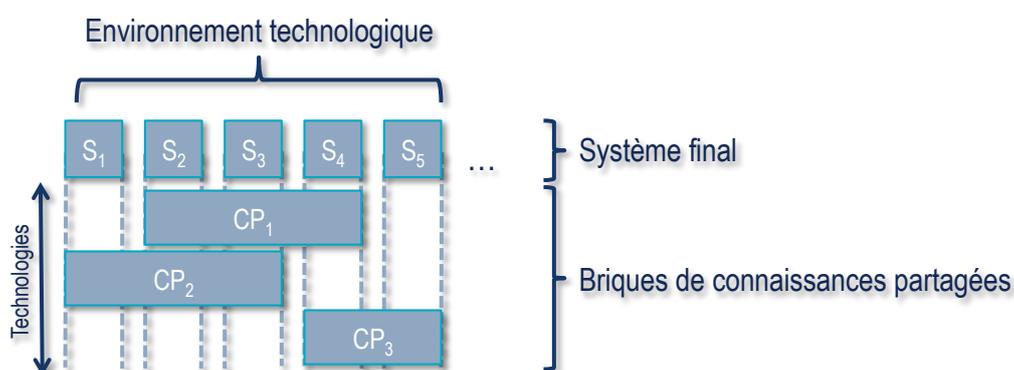
Processus de diffusion de la connaissance :

En se fondant sur ces éléments théoriques cette thèse propose une représentation schématique du potentiel de diffusion de la connaissance technologique. Ce cadre d'analyse général sera appliqué au cas particulier de la dualité dans la section suivante. Avant cela, il convient d'en détailler les différentes étapes de construction.

- Etape 1 : La répartition initiale des connaissances :

Comme cela a été précisé précédemment, les connaissances sont associées à des systèmes technologiques. Ils sont constitués de briques de connaissances qui, associées entre elles dans une architecture particulière, permet le bon fonctionnement du système technologique. L'ensemble des systèmes technologiques peut donc être représenté tel que la figure 8 le propose. Chaque système est noté S_i et CP_i , les connaissances partagées entre plusieurs systèmes. Il est ainsi possible de lire verticalement la composition en termes de connaissances de chaque système.

Figure 8 : Répartition initiale des connaissances

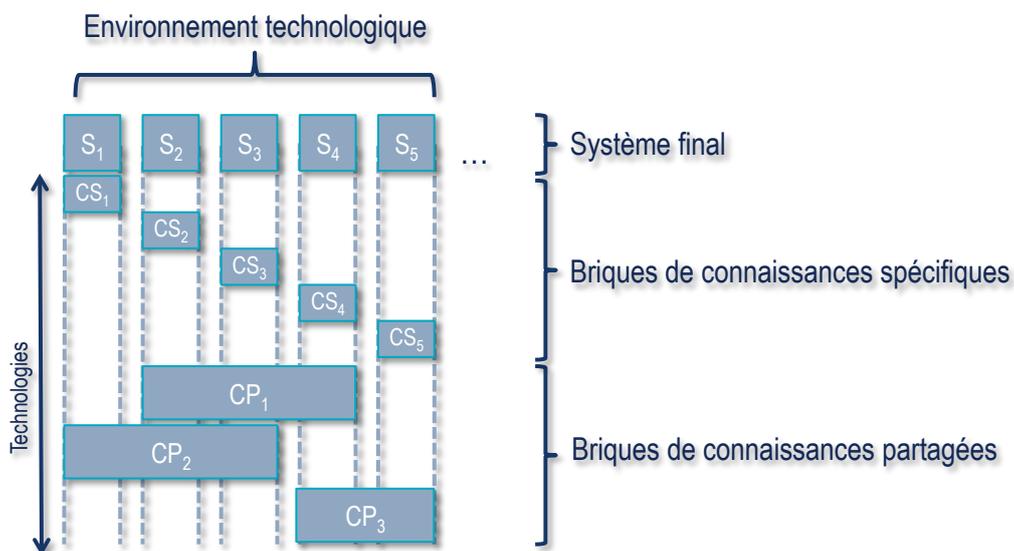


Comme la figure 8 le montre, une partie des connaissances de chaque système est partagée avec un autre. Il est possible d'envisager un cas limite où deux systèmes partagent exactement les mêmes briques de connaissances (S_2 et S_3). Dans un tel cas, c'est la manière dont les briques de connaissances sont combinées (architecture de connaissances) qui distingue les deux systèmes. Par conséquent, il ne suffit pas de comparer les briques de connaissances entre les systèmes, pour mesurer leur proximité, mais aussi leur architecture.

- Etape 2 : Briques de connaissances spécifiques et briques de connaissances partagées :

Au-delà des connaissances partagées, les systèmes sont aussi composés de connaissances qui leur sont spécifiques, CS_i . Elles complètent l'architecture de connaissances attachée au système.

Figure 9 : Briques de connaissances partagées et spécifiques

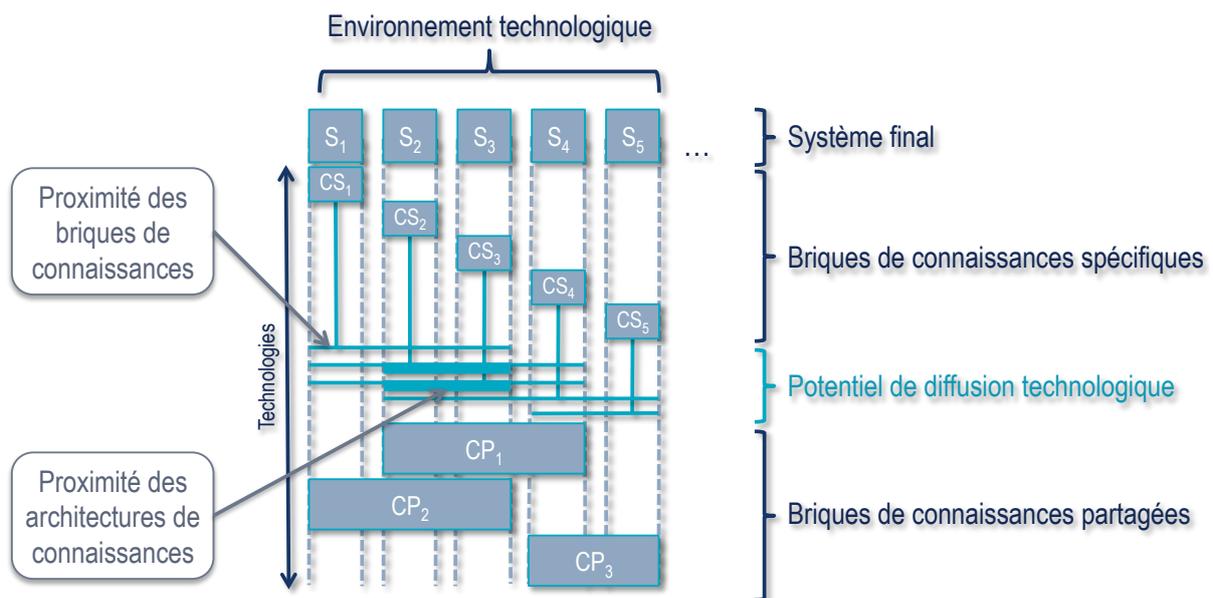


Ce paysage n'est, en revanche, pas figé dans le temps, notamment pour les connaissances spécifiques qui peuvent se diffuser au sein d'autres systèmes au cours de leur cycle de vie et disparaître du système auquel elles sont actuellement rattachées.

- Etape 3 : Potentiel de diffusion technologique :

Les connaissances technologiques, en particulier les connaissances spécifiques, sont ainsi répertoriées dans le paysage technologique global. L'enjeu est de mesurer celles qui ont le plus grand potentiel de diffusion et à quel système technologique elles sont destinées. En la matière, il est raisonnable de considérer qu'une connaissance se diffusera d'autant plus facilement, compte tenu des capacités d'absorption que cela sous-entend, vers un système qui partage déjà certaines briques de connaissances et encore davantage si les deux systèmes partagent une architecture similaire. Dans le cadre de la représentation présentée ici, c'est le potentiel de diffusion des connaissances spécifiques qui est évalué. Néanmoins, il est tout à fait envisageable de mesurer de la même manière quelles connaissances d'ores et déjà partagées par certains systèmes pourront se diffuser davantage à l'avenir.

Figure 10 : Potentiel de diffusion de la connaissance



La figure 10 permet de visualiser le potentiel de diffusion des connaissances spécifiques. Entre les systèmes S_1 et S_2 , par exemple, la proximité technologique vient que chacun d'eux utilise la brique de connaissances partagées CP_2 il y a un potentiel de diffusion des briques de connaissances spécifiques CS_1 vers S_2 et de CS_2 vers S_1 . Cette proximité est encore plus forte entre S_2 et S_3 qui partagent en plus une même architecture, car les

technologies spécifiques CS_2 et CS_3 reposent dans les deux cas sur une articulation entre CP_1 et CP_2 dans le reste du système. Le potentiel de diffusion de ces connaissances spécifiques vers l'autre système est donc d'autant plus fort. C'est cette logique d'analyse qui est appliquée au cas de la dualité dans la section suivante.

Appliquée au cas de la dualité, cette approche permet de construire une représentation théorique opérationnelle du processus de diffusion de la connaissance au sein du SDI en se focalisant sur l'analyse des SCT. Cette représentation permet d'identifier le poids de la dualité technologique pour un SCT donnée relativement au SDI qui lui correspond. Ce ne sont plus les artefacts technologiques en tant que telles qui sont étudiés mais les connaissances qui leur sont associées. **Il s'agit alors de mesurer un potentiel dual qui s'émancipe des différentes applications qui peuvent être contraintes par la perception que les utilisateurs ont des technologies.**

2. Processus de diffusion de la connaissance et dualité

L'objectif de cette section est d'explicitier le glissement du concept de dualité vers la mesure du potentiel technologique dual. Cela repose sur l'analyse du SCT vis-à-vis des concepts de paradigme technologique et d'environnement de sélection qui permettent de définir les connaissances duales au travers des notions de dualité de similarité ou de complémentarité.

Dans un second temps et afin d'adapter le processus de diffusion de la connaissance présenté dans la section précédente au cas de la dualité, le rôle des organisations, notamment celui des entreprises Ayant une Activité de Défense (AAD), est mis en évidence. La base de connaissances duale est ainsi explicitée avant de présenter schématiquement le processus dual de diffusion de la connaissance.

2.1. La connaissance duale

Cette partie met en avant les spécificités du secteur de la défense et du rôle prépondérant des experts dans les études empiriques traditionnelles de la dualité. L'objectif est de démontrer l'intérêt d'une méthode d'évaluation de la dualité reposant sur des outils mathématiques au-delà et en complément du regard d'expert très présent chez les industriels et dans les pouvoirs publics.

Des systèmes technologiques duaux aux connaissances duales :

Comme il a été dit précédemment, le système technologique est un cadre d'analyse articulant l'utilisation et la production de la technologie autour d'un ou plusieurs artefacts. Dans ce système, la connaissance joue un rôle particulier. La proposition qui est faite ici est d'étudier la dualité technologique au niveau de ces connaissances.

En effet, cette thèse se concentre sur **l'innovation technologique duale**, ainsi, l'objet central n'est pas la technologie en elle-même, mais la création et la combinaison des connaissances qui aboutissent à la création ou à l'amélioration d'une technologie. Ceci a plusieurs conséquences en termes d'analyse.

D'abord, cet angle permet de développer une méthodologie unique applicable à tous les cas d'innovation technologique au delà du cas spécifique de la dualité. En effet, et cela a déjà été dit, la connaissance est un élément constitutif de toutes les technologies. Or, étudier l'ensemble de la production de connaissances technologiques, sans préjugé lié à des spécificités plus ou moins réelles de l'innovation technologique de défense, permet de comparer l'ensemble des connaissances sans *a priori* à celles qu'il serait pertinent de prendre en compte. Cela peut donc aussi bien s'appliquer à un système technologique de défense qu'à n'importe quel système plus ou moins strictement civil dont on souhaite estimer les « retombées » en termes de connaissances en dehors de son domaine d'origine. *In fine*,

ceci permet de dépasser la traditionnelle étude de cas dont la portée est forcément limitée (p.ex. Guichard 2000 ; Depeyre 2013, Mérindol et Versailles 2015b). Néanmoins, cela ne signifie pas que les particularités de l'activité de défense, notamment en termes de protection de la connaissance, peuvent être ignorées, mais seulement qu'elle doivent être prises en compte dans l'exploitation des résultats. Comme cela est le cas dans les travaux semblables réalisés dans d'autres secteurs industriels (p.ex. Nesta et Saviotti 2005, 2006). La pertinence de l'analyse dépend de la capacité à contextualiser les résultats obtenus.

Ensuite, il est ici question des connaissances, un intrant du processus d'innovation technologique. Or, comme le montre par exemple la définition de B. Carlsson et R. Stankiewicz, les connaissances ne constituent qu'une des strates qui composent un système technologique. Les contraintes liées au système technique en lui-même, c'est-à-dire l'artefact qui matérialise le système technologique, l'interface institutionnel ou encore l'environnement de marché, influencent eux aussi la structuration du système technologique. Ainsi, les conclusions qui peuvent être tirées ne s'appliquent qu'aux connaissances et ne peuvent en aucun cas concerner le système technologique dans son ensemble sans un travail complémentaire sur ces autres aspects.

En d'autres termes, le principal apport de cette analyse est l'évaluation **d'un potentiel dual lié à une proximité de connaissances plus ou moins forte entre différents systèmes technologiques**. Dualité de connaissance ne signifie pas automatiquement technologie duale. Ce potentiel peut être mesuré grâce à des outils méthodologiques qui sont présentés et utilisés dans la deuxième partie de cette thèse. Ainsi, il devient possible de hiérarchiser le potentiel dual de différents systèmes tout en identifiant les connaissances qui servent de relais à sa diffusion, en les localisant au sein de certains systèmes technologiques ou encore en repérant quels acteurs maîtrisent ces connaissances.

Par ailleurs, comme cela a été évoqué précédemment, les résultats d'une étude en termes de connaissances dépendent fortement du contexte au sein duquel elle est réalisée. Or, cela a pour conséquence qu'un seul et même résultat peut avoir deux explications bien distinctes. En effet, pour parler simplement, le potentiel dual d'une technologie dite de défense peut évoluer en termes de connaissances : soit parce que les connaissances qui la composent se rapprochent de connaissances utilisées dans le domaine civil, soit parce qu'une ou plusieurs connaissances civiles développent des proximités avec des connaissances communément utilisées dans l'innovation de défense. Dans un cas, ce sont les connaissances étudiées qui évoluent alors que dans l'autre, elles restent constantes mais c'est leur environnement qui évolue. Les développements qui suivent nécessitent de garder cette nuance présente à l'esprit.

Compte tenu des limites qui viennent d'être évoquées, le cadre d'analyse proposé dans ce travail peut constituer un outil de prospective technologique efficace. Or, le repérage des technologies ayant un potentiel dual constitue un enjeu. D'abord pour les pouvoirs publics qui cherchent, d'une part, à diminuer le coût de la défense. De fait, si les connaissances ne sont pas spécifiques aux usages militaires il est raisonnable de penser que le coût de leur développement peut être partagé avec d'autres. Ces mêmes pouvoirs publics cherchent, d'autre part, à maintenir la supériorité technologique des armées. Ce qui équivaut à repérer où se situent les connaissances qui entrent dans la composition d'un système de défense et ainsi d'organiser la politique de R&D en prenant en compte le besoin réel en termes de connaissances. Ensuite, pour les entreprises, connaître la dualité technologique constitue aujourd'hui un moyen de développer leurs activités en dehors du spectre de la demande publique de défense qui est de plus en plus contrainte, notamment dans les pays développés. Ces aspects politiques et stratégiques associés à l'innovation technologique duale sont plus largement traités dans la troisième partie de cette thèse.

Compte tenu de ces précisions, substituer le terme de SCT dual au terme de technologie duale permet deux choses. D'une part, de rappeler que c'est exclusivement le potentiel dual des connaissances qui est mesuré et, d'autre part, de montrer que tout le potentiel dual d'une technologie ne se résume pas aux connaissances et que conclure sur la dualité d'un système technologique demande d'autres analyses complémentaires. Le concept de SCT, en permettant d'étudier la manière dont les connaissances s'articulent au sein d'un système technologique, sert donc de point d'entrée dans l'étude menée ici. Il est à présent nécessaire de préciser son rôle.

SCT et identification positive de la dualité :

La section précédente a mis en avant le rôle complémentaire que jouent les briques de connaissances et les architectures de connaissances dans le processus de diffusion de la connaissance et par conséquent des technologies. Or, les SCT articulent ces deux types de connaissances. En effet, un SCT allie un ensemble de briques technologiques qui liées entre elles (architecture de connaissances) soutiennent une technologie. Il est par conséquent une unité d'analyse pertinente pour étudier la diffusion de la connaissance.

Dans le cadre de la dualité, il s'avère d'autant plus utile que, comme il a été dit, il est difficile de partir de l'artefact technologique. Il est clair qu'une description trop précise de certains matériels militaires réduirait l'avantage technologique des forces armées qui l'utilisent, soit en divulguant les faiblesses soit en offrant la possibilité aux forces adverses de développer le même type de technologie. Le SCT ne s'identifie alors pas en fonction de l'artefact final mais au cours du processus de production de la technologie.

Pour cela, la méthodologie qui est plus amplement détaillée dans la partie suivante mesure la force des liens entre les connaissances. L'objectif est de déterminer quels sont les liens forts, c'est-à-dire, quelles associations sont les plus utilisées afin de produire de

l'innovation technologique. Ce sont ces liens qui, mesurés à l'aide des données contenues dans les dépôts de brevets, peuvent être qualifiés de synergétiques et permettent de tracer les limites des SCT.

Le SCT est donc largement fonction de la manière dont s'articulent les connaissances dans l'ensemble du paysage technologique. En ce sens il dépend de deux notions importantes : **le paradigme technologique et la trajectoire technologique** (Dosi, 1982). Ces concepts sont centraux dans l'analyse évolutionniste des processus d'innovation. Ils montrent qu'étant donné le contexte actuel, tous les choix technologiques ne sont pas envisagés de la même manière, ce qui conditionne le processus d'innovation.

D'abord, G. Dosi définit la technologie de manière similaire aux définitions précédentes comme « un ensemble de connaissances à la fois directement "pratiques" (liées à des problèmes et des appareils concrets) et "théoriques" (mais applicables en pratique bien que non nécessairement déjà mis en pratique), de savoir-faire, de méthodes, de procédures, d'expériences de succès et d'échec et aussi, bien sûr, d'équipements et d'instruments physiques. » (G. Dosi, 1982). Cette définition, compatible avec la définition du système technologique cité précédemment, met encore une fois en avant la connaissance comme élément constitutif de la technologie.

Ensuite, le concept de paradigme technologique vise à expliquer comment évolue cette technologie et s'assimile à un cadre au sein duquel le progrès technique chemine. Le paradigme technologique se définit comme « un modèle, un schéma de résolution des problèmes technologiques *sélectionnés* fondé sur des principes *sélectionnés* dérivés des sciences naturelles et sur des technologies matérielles *sélectionnées* ». Alors, « le progrès technique est défini par le paradigme technologique. » (Dosi, 1982). En d'autres termes, la manière dont un individu cherche à produire de la technologie dépend du paradigme

technologique au sein duquel il se situe. Il le conditionne dans ses choix en termes d'innovation.

Cela définit une trajectoire technologique. Cette notion est fortement associée au caractère cumulatif de l'innovation. Elle appréhende le processus d'innovation au travers d'un ensemble de directions (trajectoires) possibles, délimitées par les choix passés (individuels et collectifs), tant sur le plan technologique que sur le plan économique. En somme les opportunités futures en matière d'innovation sont contraintes par nos choix passés, c'est-à-dire par le paradigme technologique actuel (Dosi, 1982). La trajectoire définit en quelque sorte la dynamique du paradigme technologique.

Les SCT dépendent donc du paradigme technologique auquel ils appartiennent et des trajectoires technologiques au sein desquelles ils évoluent. Ils ne révèlent en rien un caractère absolu dans la manière de produire une évolution.

Le troisième élément théorique qu'il est important de mettre en avant afin de mieux comprendre l'intérêt du SCT dans ce travail est le concept **d'environnement de sélection** (Nelson et Winter, 1975). Il montre que l'environnement au sein duquel est insérée une organisation influence ses choix technologiques. Les auteurs mettent en évidence deux catégories d'environnements de sélection. D'une part, l'environnement de sélection marchand dans lequel le choix technologique est orienté par le mécanisme de la perspective de profit. En la matière, le rôle de la demande publique militaire (unique débouché pour la technologie de défense) différencie l'environnement pour une firme qui a une activité de défense, l'influence de ce paramètre est d'autant plus importante que ce débouché est essentiel à la firme. D'autre part, l'environnement de sélection non marchand qui met en avant les procédures de contrôle politique, réglementaire ou professionnelle dans le processus de sélection. Ici aussi, la particularité de l'activité défense est évidente et différencie l'environnement de sélection.

Il est donc important pour étudier la dualité de prendre en compte dans la formation des SCT l'environnement de sélection auxquels ils appartiennent afin de capter les spécificités que cela engendre sur leurs paradigmes technologiques. Dans ce cas, il est au minimum possible de distinguer deux environnements de sélection. Le premier, où l'activité défense influence le processus de sélection technologique et le second, où l'impact de l'activité de défense est négligeable. Ainsi même si le problème technologique est le même, il y a de fortes chances pour que la manière dont il sera abordé au sein de la sphère de défense diffère de la manière dont il l'est dans la sphère civile. Voilà pourquoi le SCT doit être identifié au sein d'un environnement de sélection. La proximité des connaissances entre deux SCT issus de deux environnements de sélection différents, défense et civil, permet de mesurer leur dualité.

L'objet de l'analyse quantitative est donc d'abord de repérer des SCT puis de mesurer la dualité des connaissances qui le composent en les comparant au paysage technologique. Cela requiert donc de déterminer quelles connaissances sont produites par la sphère de défense, lesquelles le sont par la sphère civile et enfin lesquelles sont partagées entre les deux. Néanmoins, toute la difficulté en la matière est de ne pas classer *a priori* les connaissances dans une catégorie ou une autre. C'est pourquoi, comme cela est détaillé dans le chapitre suivant, **c'est l'analyse des synergies de connaissances au sein des environnements de sélection défense et civil qui permettront de distinguer les SCT et ainsi, de procéder à une analyse positive de la dualité.**

Les connaissances duales :

Comme le chapitre précédent l'a montré la dualité est un concept multi-dimensionnel et dont la définition laisse place à une part d'interprétation. Par conséquent, il est difficile de trancher fondamentalement sur ce qui est dual et ce qui ne l'est pas. En se focalisant sur la connaissance une partie de cette difficulté est réduite puisqu'une seule des dimensions de la

dualité est étudiée. Néanmoins, il reste nécessaire de définir précisément ce qu'est une dualité de connaissances.

D'après la définition du SDI proposée dans le premier chapitre, la dualité relève d'un processus de co-production. Dans le cas de la dualité technologique et plus précisément des connaissances duales, cette co-production peut porter sur la même connaissance ou sur des connaissances différentes mais connexes. Ces deux situations peuvent être désignées sous les termes **de similarité et complémentarité**.

La notion de dualité de similarité signifie que le potentiel dual porte sur la production d'une connaissance, d'un groupe de connaissances ou même d'un SCT dans son ensemble au sein de la sphère civile et de la sphère défense de manière concomitante ; tandis que la notion de dualité complémentaire signifie que le potentiel dual porte sur la complémentarité des activités d'innovation des deux sphères. C'est-à-dire que la production d'une connaissance, d'un groupe de connaissances ou même d'un SCT dans son ensemble, au sein de la sphère civile ou de la sphère défense, nécessite la production de connaissances complémentaires en provenance de l'autre sphère. Deux remarques doivent s'ajouter à la définition de ces termes.

D'abord, ces deux dimensions ne sont pas indissociables. C'est-à-dire que la notion de dualité de similarité ne sous-entend pas l'exclusion de la notion de complémentarité et inversement. Ensuite, plus que la question de la présence ou de l'absence de l'un et l'autre de ces phénomènes, la question qui se pose est celle de l'intensité avec laquelle ils se manifestent pour chaque SCT étudié.

En effet, et la partie suivante sera l'occasion de revenir plus en détail sur ce point, la structure des graphes de connaissances issus de l'analyse des brevets montre que les connaissances sont très largement réparties entre les organisations. Rares sont celles exclusivement issues d'un milieu précis (au moins en ce qui concerne la brique de

connaissances). Par ailleurs, que la production d'une connaissance nécessite couramment des connaissances provenant d'une autre classe technologique. Ce qui signifie que chaque connaissance, ou classe technologique, est fortement dépendante de son environnement technologique. Cela implique que l'un et l'autre des phénomènes sont presque systématiquement observables. Par conséquent, c'est plus particulièrement la proportion dans laquelle ils sont représentés qu'il est intéressant d'étudier.

De plus, comme cela a été précisé précédemment, l'analyse des flux de connaissances révèle un potentiel dual qui maintenant peut être réparti dans deux catégories. Or, ce potentiel peut être plus ou moins exploité. C'est-à-dire que les entreprises peuvent plus ou moins avoir conscience de ces proximités de connaissances et les exploiter dans leurs démarches d'innovation. Pour analyser ce point, il est possible de mesurer à quel point les flux entre la sphère civile et la sphère défense correspondent au potentiel qui aura été mesuré. On parlera dans ce cas de potentiel révélé ou sous-jacent.

Le potentiel dit révélé s'oppose au potentiel sous-jacent et n'implique pas nécessairement une exploitation du potentiel dual. En effet, il s'agit de l'observation de flux de connaissances effectifs entre la sphère défense et la sphère civile. Dans le cas de potentiel de similarité révélé, en plus de travailler sur les mêmes connaissances, des liens directs entre des connaissances produites dans la défense et des connaissances produites dans le civil sont établis (un acteur de chacun des environnements). La même logique s'applique à la notion de complémentarité révélée. Des connaissances produites dans une sphère sont directement utilisées dans l'autre sphère.

Cela ne signifie pas nécessairement que les acteurs sont dans un processus de co-production de la connaissance. Il peut y avoir échange de connaissances sans coopération entre les acteurs, de plus, en raison de limites liées la nature des données qui sont exploitées

dans la partie empirique, des échanges de connaissances peuvent être inconscients et, par conséquent, n'engendrer aucune démarche d'innovation duale. Or, dans cette thèse il ne peut être question d'exploitation de la dualité que s'il y a co-production. Alors, les notions de potentiel révélé et sous-jacent permettent de caractériser plus précisément la nature du potentiel dual, mais ne permettent en rien de préjuger des stratégies développées par les deux parties.

Cette section a permis de définir la connaissance duale et d'en déterminer les caractéristiques essentielles. Elle repose sur la notion de SCT en fonction de l'environnement de sélection dont ils sont issus. Puis leur potentiel dual est mesuré en fonction d'une proximité de connaissance. Il peut prendre deux formes distinctes mais non exclusives. Soit il est dit de complémentarité et porte sur des connaissances distinctes mais liées entre elles ; soit il est dit de similarité et porte sur les mêmes connaissances. **Ce potentiel peut s'avérer révélé, si des flux de connaissances effectifs se matérialisent entre les deux sphères. Sinon, il est sous-jacent et s'apparente à une proximité des connaissances entre ce SCT et la production de connaissances dans le reste du paysage technologique.** Ces précisions faites, il reste à déterminer la manière dont s'observe ce processus de diffusion dans le paysage technologique.

2.2. Processus dual de diffusion de la connaissance

En reprenant le cadre général d'analyse de la diffusion de la connaissance présenté, une application au cas particulier de la dualité de connaissances est proposée. Elle se fonde sur l'identification des SCT au sein d'un environnement de sélection défini au travers les entreprises ayant une activité de défense. En effet, la connaissance est, pour les entreprises, un instrument essentiel de leur performance (Teece, 2000, 2006). C'est pourquoi leur production et leur management de la connaissance tout comme la gestion des droits de propriété

intellectuelle en leur sein sont devenus des enjeux stratégiques et un élément clef de la diffusion de la connaissance.

Les entreprises ayant une activité de défense :

Dans le domaine de la défense, au cours des années 1990, la relation Etat-industrie s'est modifiée, particulièrement dans les pays occidentaux. Cette période se caractérise par un large mouvement de **privatisation des connaissances** (Mérindol, 2014) qui va redéfinir le rôle des entreprises dans le processus d'innovation. Les évolutions des cas de la France et de la Grande-Bretagne sont particulièrement représentatives de ce changement, tandis que l'exemple des Etats-Unis montre lui aussi une transformation vers un nouvel équilibre entre la sphère publique et la sphère privée.

En France, ce changement s'illustre avec l'évolution du rôle de la Direction Générale de l'Armement (DGA). Dans les années 1960, elle dirige *ex ante* les choix scientifiques et les options technologiques sur la base des besoins militaires ce qui lui confère un rôle important dans la définition des propriétés techniques de l'industrie de défense. Deux réformes successives vont donner une responsabilité plus importante aux firmes (*cf.* Lazaric *et al.*, 2011 pour un panorama complet).

En 1997, une nouvelle division du travail entre DGA Firmes, la majeure partie des activités de R&D est transférée au sein des firmes privatisées qui enclenchent un processus d'intégration horizontale et verticale afin de profiter au mieux de leurs activités d'innovation. Cela marque le passage d'une politique guidée par la recherche technologique à une politique orientée vers l'achat au meilleur rapport qualité/prix et une large vague de transfert de la connaissance des pouvoirs publics vers le secteur privé.

La réforme de 2003 enclenche un certain rééquilibrage notamment dans un but de préservation du savoir technologique nécessaire au futur programme. La DGA développe la

recherche fondamentale et emprunte un rôle de management du risque financier et technologique et ce en s'appuyant sur des centres de recherche publics (CEA, ONERA, CNES). Les entreprises continuent néanmoins à tenir une place prépondérante dans l'exécution des programmes de recherche et développement.

De plus, comme le montrent S. Guillou *et al.* (2009), ceci s'accompagne d'une préoccupation de plus en plus importante des entreprises dans le management et la protection de leurs connaissances. Ainsi, l'innovation réalisée au sein des entreprises ayant une activité de défense se développe et, même si le brevet n'en est qu'une mesure imparfaite (le secret restant une pratique dans ce domaine, pour certaines technologies sensibles notamment), cet indicateur permet de le constater. Ces entreprises représentent 10 % des brevets déposés en France en 2014 avec 20,2 brevets en moyenne contre 4,4 pour les autres entreprises (Belin, 2015). Cela se retrouve dans le classement des dépôts de brevets par entreprises. Ainsi en 2015, parmi les 10 premiers organismes et entreprises déposants auprès de l'INPI (Institut National de la Propriété Intellectuelle), se trouvent : Safran (n°2), Airbus Group (n°8) et Thales (n°10). Le constat est finalement loin du cliché de l'entreprise de défense pétrifiée par le secret en matière de protection de la propriété intellectuelle.

Le cas de la Grande-Bretagne montre une évolution semblable et peut être encore plus brutale de l'équilibre public - privé. En effet au début des années 2000 la *Defence Evaluation and Research Agency* (DERA) prive l'Etat de la majorité de ses capacités de recherche dans le domaine de la défense lesquelles sont transférées en grande partie au sein d'une entreprise privée Qinetiq. Cette privatisation a entraîné un renforcement des relations de marché et favorisé un processus déjà en cours de renforcement de la propriété intellectuelle au sein des entreprises ayant une activité de défense (Molas-Gallart et Tang, 2006)

Aux Etats-Unis, l'équilibre entre Etat, industrie, recherche publique s'est adapté plus soupagement. La majorité des travaux mettent en avant l'intégration d'une large diversité d'acteurs au sein d'un réseau d'innovation et montre le rôle central du Pentagone dans son organisation. En la matière, H. M. Sapolsky (2003) et E. Gholz (2002) insistent sur les compétences du Pentagone pour juger des comportements des intégrateurs de systèmes privés qui mènent la majorité des programmes de R&D. Ces compétences reposent en particulier sur la *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA) et les universités qui permettent de maintenir une large base de connaissances scientifiques et technologiques dans le domaine public tout en laissant au secteur privé une large part de l'initiative dans l'innovation.

La synthèse des travaux de Valérie Mérindol menés aux Etats-Unis et en europe à la fin et au début du 20^{ème} siècle semble montrer qu'un nouvel équilibre s'est mis en place entre Etat, industrie et centres de recherche. Il semble que, en dépit des disparités dans les modèles nationaux, la privatisation de la connaissance en est une caractéristique commune (ce qui s'étend d'ailleurs au delà de la sphère de la défense). La création et l'utilisation de la connaissance sont aujourd'hui les moteurs de la compétitivité que les firmes se disputent (Freeman et Soete, 1997) dans le domaine civil comme militaire. Ces dernières ont pris une place prépondérante dans le processus d'innovation de défense suite à l'externalisation d'une partie des capacités de recherche et d'ingénierie publique. L'Etat s'est progressivement positionné dans un rôle d'architecte de réseaux d'innovation tout en préservant une partie des connaissances nécessaires au bon exercice de cette fonction, cela en appuyant soit sur des laboratoires scientifiques publics, soit sur la mobilité des personnels entre les entreprises et les centres publics.

Ainsi, les entreprises ayant une activité de défense portent en elles une grande partie des connaissances liées à cette activité. Le secteur public maintient ses connaissances à jour principalement dans le but de préserver ses capacités d'absorption (Lazaric *et al.*, 2011) ou

ses compétences en termes d'architecture cognitive au sein d'un réseau d'innovation (Mérindol, 2014). Or, dans ce contexte institutionnel, les firmes se sont adaptées au changement technologique, en particulier à l'émergence des systèmes de systèmes dans l'armement. Les industriels ont endossé le rôle de *Lead System Integrators* (LSI) ou intégrateur de systèmes (Hobday *et al.*, 2005). Ce sont eux qui sont désormais chargés de l'élaboration de l'architecture technologique du système (Lazaric *et al.*, 2011) et doivent être capables d'agréger des connaissances en provenance d'horizons technologiques parfois très vastes. Pour ces firmes les flux de connaissances constituent donc un enjeu majeur afin de préserver leurs capacités d'innovation et de répondre aux nouvelles exigences des programmes de défense. C'est en raison de cet équilibre qu'un regard particulier est porté dans cette thèse sur l'activité d'innovation des entreprises.

La base de connaissance duale :

Comme il a été présenté dans la section précédente l'analyse de la connaissance au sein des organisations peut s'établir à l'aide du concept de base de connaissance. En se concentrant sur les entreprises Ayant une Activité de Défense (AAD) quelques précautions doivent être prises concernant les données d'entreprise afin de permettre le bon déroulement de l'analyse.

Dans cette thèse, comme le lecteur a pu s'en rendre compte, l'expression entreprise AAD est préférée à l'expression entreprise de défense. Cela pour la raison simple que la très grande majorité des entreprises qui produisent du matériel de défense sont aujourd'hui des entreprises diversifiées sur d'autres marchés. En ce sens, ces entreprises sont dans leur grande majorité duales. Cette **dualité de marché** des firmes AAD est plus ou moins forte. Certaines demeurent extrêmement spécialisées à l'image du producteur de système de missiles MBDA (100% du chiffre d'affaire dans la défense en 2014) ou des producteurs d'armement terrestre

Nexter et Krauss-Maffei Wegmann (récemment fusionnés, avec 95% du chiffre d'affaires dans la défense en 2014). D'autres, telles que Boeing ou Airbus par exemple, sont nettement plus duales et, pour elles, le marché civil en constitue même la part la plus importante du chiffre d'affaire (respectivement 18% et 31% du chiffre d'affaire dans la défense en 2014).

En moyenne, dans les cent plus grandes entreprises AAD, la vente d'armes représente aux alentours de 57% du chiffre d'affaires chaque année depuis 2002 (*The SIPRI Top 100 arms-producing and military services companies in the world (excluding China), 2002-2014*). Or cette répartition de l'activité ne correspond pas à la place (à l'importance) que les entreprises ont dans le secteur de la défense. Certaines entreprises très diversifiées s'avèrent en effet être des éléments clefs de la production d'armes. Par conséquent, ce simple critère ne permet pas de discriminer entre les entreprises qu'il serait pertinent d'étudier et celles qui pourraient être laissées de côté.

Cette dualité de marché s'avère une contrainte dans la définition d'un périmètre industriel et, dans le cas présent technologique, représentatif de l'activité de défense. Il semble que quel que soit le périmètre défini, il soit plus ou moins dual par définition. Or la délimitation des sphères défense et civile est un élément fondamental de la méthode d'analyse proposée ici. Par conséquent il a fallu trouver une solution afin de délimiter les sphères.

A l'instar de Piscitello dans ses analyses sur la diversification des firmes, la solution retenue consiste à pondérer les résultats de l'analyse des bases de connaissances des firmes par la part que représente l'activité défense dans le chiffre d'affaires de l'entreprise (Piscitello, 2000 et 2005).

Cette méthode revêt deux avantages essentiels. D'abord, elle permet de pondérer toutes les entreprises de la même manière. Or, bien souvent, discriminer la part défense est une tâche ardue. Par exemple, utiliser les financements dans les projets de R&D s'avère

aléatoire tant il existe une variété de manières de définir un financement défense en fonction du pays dans lequel l'analyse est réalisée. Cette méthode permet donc de répondre à cette difficulté. Ensuite, elle permet de ne pas exclure *a priori* des technologies parce que leur participation à l'industrie de défense serait jugée trop marginale. Chaque participation est ainsi considérée au regard de ce qu'elle représente pour l'entreprise. Cela confère un avantage en termes de complétude de l'analyse même si comme cela sera mis en avant dans la partie empirique, cela nécessite un certain nombre de précautions dans l'interprétation des résultats.

La base de connaissances qui sera définie et calculée dans la partie suivante reprendra ces principes. Elle permet de définir au sens large, le périmètre défense de la production de connaissances et constitue le point de départ de l'analyse empirique. C'est en son sein que les SCT seront repérés afin de ne pas manquer les articulations de connaissances qui proviennent d'entreprises AAD, même de manière marginale. Néanmoins, les précautions prises mettent en évidence la difficulté de parfaitement scinder la production de connaissances entre une partie défense et une partie civile. Or, le principe de la méthodologie proposée est de comparer les briques de connaissances et les architectures de connaissances des SCT à l'environnement technologique. Ainsi, afin de mesurer la dualité il conviendra de comparer les connaissances présentes au sein d'un SCT non pas à deux univers bien distincts, mais à l'ensemble du paysage technologique.

C'est vis-à-vis de ce paysage technologique et en fonction de ses liens avec le SCT, qu'est mesuré un niveau de proximité des connaissances. Or, il ne peut pas être séparé en deux parties distinctes l'une civile et l'autre militaire. Le caractère civil et militaire de ce paysage est plus ou moins fort en fonction du périmètre que l'on choisit. C'est cette comparaison vis-à-vis de différents périmètres qui permet, après analyse, de conclure sur le niveau de dualité du SCT. Par conséquent, les résultats obtenus ne sont pas binaires (dual-non

- dual) mais relèvent d'une forme de continuité des connaissances entre la sphère défense et la sphère civile qui permet de définir **un continuum de la dualité** technologique.

Représentation graphique du processus dual de diffusion de la connaissance :

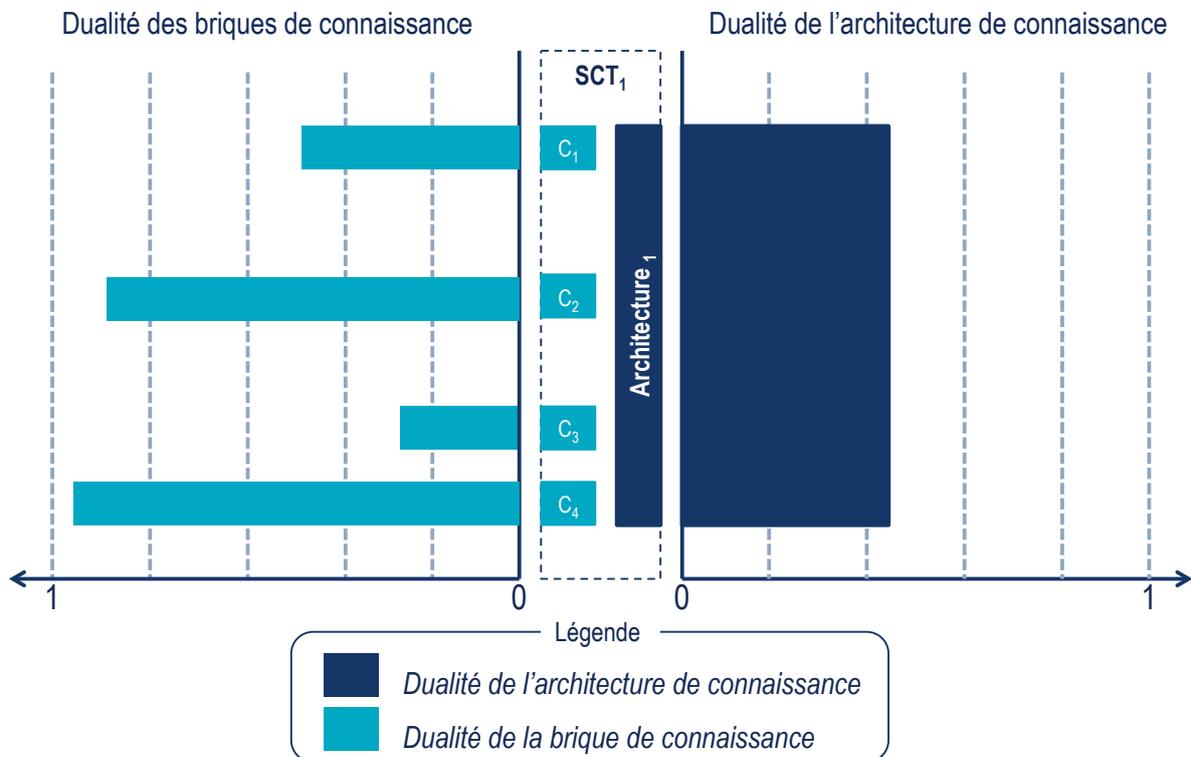
Le continuum de la dualité peut s'observer au travers du cadre d'analyse de la diffusion technologique présent en première partie de ce chapitre. Il permet de constituer une **échelle de la dualité**. Or, c'est un point déjà abordé, la diffusion de la connaissance porte sur deux composantes des SCT : la brique de connaissances et l'architecture de connaissances. Afin de comprendre comment adapter le cadre d'analyse à la dualité, l'objectif est donc de comprendre où se retrouvent les éléments relatifs à l'architecture de connaissances et à chaque brique de connaissances dans le paysage technologique global. C'est l'étude de cette position qui informe sur le potentiel de diffusion technologique du SCT et par conséquent sur sa dualité.

Schématiquement cela revient à comparer un SCT à un environnement technologique plus ou moins marqué par l'innovation de défense et à repérer la proximité avec ces différents environnements à la manière dont différents systèmes sont comparés entre eux dans la partie précédente. L'objectif est finalement de déterminer les capacités d'absorption de ces différents environnements. L'importance de ces capacités d'absorption détermine le niveau du potentiel dual de chaque SCT. Par la suite, ils peuvent être classés les uns par rapport aux autres. L'avantage d'une telle analyse est triple :

- 1) **Il permet d'évaluer le potentiel dual des SCT d'une manière uniforme quelles que soient leurs origines.**
- 2) **Il permet d'identifier les connaissances qui jouent un rôle dans le potentiel de diffusion d'une technologie.**

- 3) Il permet d'observer ce potentiel en scindant en deux l'aspect brique de connaissances et architecture de connaissances puis en les combinant.

Figure 11 : Diffusion et proximité de connaissances : Echelle de la dualité technologique



La figure 11 montre que les deux composantes de la connaissance peuvent s'observer séparément avant d'être combinées dans l'analyse. Le potentiel dual du SCT résulte de cette analyse combinée. Il se mesure tant en termes de dualité de similarité (superposition des connaissances) qu'en terme de complémentarité. L'aspect sous-jacent ou révélé du potentiel dual s'observe par la suite en étudiant spécifiquement certains acteurs du SCT. Ainsi, tous les SCT étudiés à l'aide de cette méthode peuvent être placés sur l'échelle de la dualité.

Conclusion

Après avoir justifié le choix du système de connaissances comme unité d'analyse, ce chapitre propose une analyse originale du processus de diffusion de la connaissance au sein de ces systèmes. Cela a permis de distinguer le rôle de la brique de connaissance de celui de

l'architecture de connaissance dans l'évaluation du potentiel de diffusion d'une technologie. En confrontant ce cadre d'analyse aux caractéristiques des connaissances impliquées dans un contexte dual, ce chapitre propose ensuite de décrire un processus de diffusion dual de la connaissance. C'est ce processus qui servira de base à l'analyse empirique proposée dans la partie 2.

Conclusion

Cette première partie a permis d'articuler entre eux une approche de la dualité technologique permettant d'inclure dans son analyse l'ensemble des caractéristiques de cette manifestation technologique complexe et une analyse du processus de diffusion de la connaissance mettant en avant le rôle des connaissances et de leurs caractéristiques dans leurs potentiel de diffusion au sein des systèmes technologiques.

La première valeur ajoutée de cette partie est de proposer un cadre d'analyse cohérent allant du général (le Système Dual d'Innovation) jusqu'au particulier (le processus dual de diffusion de la connaissance). Cela permet à la fois de concentrer l'analyse empirique qui suit sur un aspect particulier de la dualité technologique tout en pouvant par ailleurs l'ancrer dans une perspective plus générale. L'objectif étant par la suite de pouvoir prolonger l'analyse en intégrant progressivement les autres caractéristiques du SDI.

La seconde valeur ajoutée de cette approche est de s'éloigner de la spécificité défense des analyses de la dualité technologique qui sont généralement proposées et d'aborder cette question de manière plus traditionnelle. En effet, la question de la dualité est ici abordée par les connaissances et est présentée, en adéquation avec le chapitre précédent, comme une question de co-production technologique reposant sur des proximités cognitives plus ou moins forte.

Cet angle, rarement privilégié, l'est d'autant moins que dans cette thèse le choix a été fait de ne pas partir des spécificités liées à l'aspect défense mais au contraire de prendre comme point de départ une réflexion générique sur les processus de diffusion de la connaissance avant de les adapter à la dualité. Il en résulte que comme dans d'autres domaines technologiques connaissant d'autres spécificités, les outils méthodologiques qui

seront présentés dans la partie suivante sont légitimés sans pour autant nier le caractère particulier de l'étude qui nécessitera par conséquent certaines précautions spécifiques.

PARTIE 2 : OUTILS METHODOLOGIQUES ET ETUDE EMPIRIQUE DE LA DUALITE DES SYSTEMES DE CONNAISSANCES TECHNOLOGIQUES

Introduction

La première partie a permis de mettre en avant le caractère multifactoriel de l'innovation technologique duale. Parmi ces facteurs la technologie et plus précisément la mobilisation des connaissances au sein de ces technologies joue un rôle amont dans la structuration du système dual d'innovation. Par conséquent, afin d'évaluer le potentiel dual de ces technologies, il convient d'analyser la manière dont elles s'organisent au sein de l'environnement de connaissances global.

Afin d'observer l'organisation des connaissances et ainsi d'évaluer le potentiel dual des SCT, cela nécessite d'une part, de définir le périmètre de la production technologique à étudier et, d'autre part, de mettre au point des outils d'analyse permettant de mesurer les synergies au sein de cette production technologique. Ainsi, cette partie cherche tout d'abord à définir le périmètre technologique qui sera par la suite évalué. Pour cela, elle s'ancre dans le cadre de la Théorie de la Dominance Economique (Perroux, 1948) et mobilise les outils de la Théorie des Graphes d'Influence (TGI) qui en découlent (Lantner 1974 ; Lequeux, 2002 ; Gallo, 2006 ; Lebert *et al.*, 2009 ; Lebert et El Younsi, 2013, 2014, 2015). L'objectif est de mesurer des synergies dans la production de connaissances au sein d'un environnement défense afin de définir des Système de Connaissances Technologiques (SCT) pertinents à étudier.

Ensuite l'évaluation du potentiel dual passera par l'exploitation de deux cadres théoriques. Il s'agit dans un premier temps d'évaluer le potentiel dual des SCT en étudiant la structuration des connaissances en leur sein. Pour cela, c'est la théorie de la cohérence industrielle dans son application technologique qui est mobilisées (Teece et al.,1994 ; Cohen, 1997 ; Piscitello, 2000 ; krafft *et al.*, 2011). En permettant une comparaison entre la structure des connaissances au sein d'un environnement défense et la structure des connaissances au sein de l'environnement global.

Enfin, en reprenant une approche en termes de dominance, le potentiel dual des SCT sera plus amplement détaillé notamment afin de mieux comprendre la manière dont chacun d'entre eux articule ses relations avec le reste de l'environnement de connaissances. Ce dernier apport permettra aussi de pointer du doigt le rôle des entreprises dans la structuration de ces relations.

En choisissant de développer un ensemble d'outils méthodologiques complet, focalisé sur un aspect crucial de la dualité, l'ambition de cette thèse est de fournir au travaux futurs les moyens d'aller au-delà des nombreuses études de cas déjà proposées dans la littérature et d'offrir à la fois aux économistes, mais aussi aux praticiens, un ensemble de métriques qui rendront plus aisément comparable la diversité des situations que la dualité technologique offre à observer.

Cela suppose de comprendre en quoi les outils d'analyse de la connaissance permettent de comprendre la production technologique et comment ils permettent de mesurer des proximités cognitives entre plusieurs environnements.

Cette partie est articulée en trois chapitres ; le premier identifie les SCT qui seront étudiés, tandis que les deux suivants évaluent leurs potentiels duaux en termes de cohérence technologique puis en termes d'influence.

Présentation préliminaire des données :

Afin de rendre le développement plus fluide et de ne pas l'encombrer de préoccupations purement techniques, les données sont présentées dans cette section. Cette présentation préliminaire des données permet d'offrir au lecteur une vision d'ensemble des données qui seront utilisées dans toute la partie empirique et permet de s'y référer à tout moment.

La base de données de firme :

La source d'information de base est celle fournie par : *The Top corporate R&D investors* (IPTS, Commission Européenne, 2013). Elle comprend des informations sur 2000 groupes et leurs 500 000 filiales qui représentent en 2013 environ 90% de la dépense en Recherche et Développement (R&D) privée dans le monde. Les entreprises sont réparties dans 30 secteurs industriels en fonction de leur activité principale.

Chiffre d'affaires : _____ 16 854 415,9 Millions d'euros

Chiffre d'affaires moyen : _____ 8 427,2 Millions d'euros

Ecart type du chiffre d'affaire : _____ 735,4 Millions d'euros

Dépense en R&D totale : _____ 538 763,8 Millions d'euros

Dépense en R&D moyenne : _____ 264,8 Millions d'euros

Ecart type de la dépense en R&D : _____ 735,4 Millions d'euros

Ce jeu de données comprend pour la période 2010- 2012 les références des dépôts de brevets aux offices pour les entreprises du « *Scoreboard* » (IPTS, 2013). Cette base de données COR&DIP est le fruit d'une collaboration EC-JRC et OECD dont la procédure de construction est décrite dans Dernis *et al.*, (2015).

Les données de brevets :

Les données de brevets issues de cette base sont complétées à l'aide de : *the European Patent Office's Worldwide Patent Statistical Database (PATSTAT)*. Cette base de données est composée de plusieurs tables reliées entre elles par un identifiant unique des brevets (*appln_id*). Elle offre notamment des informations sur les inventeurs, la Classification Internationale des Brevets (CIB), les dates, les offices et les citations au sein de ces brevets (EPO 2014, de Rassenfosse *et al.*, 2014).

Dans le cadre de cette thèse ce sont principalement les informations portant sur la CIB et les citations qui seront exploitées. Ce sont elles qui permettront de tracer les matrices de flux et de cooccurrence technologique. Le principe est que lorsqu'un brevet est déposé, il est à la fois référencé dans des classes technologiques (selon la CIB notamment) et il référence un certain nombre de sources, notamment des brevets, qu'il cite. C'est par le biais de ces deux informations qu'il est à la fois possible de tracer des matrices de cooccurrence technologique (des classes technologiques qui sont référencées ensemble dans un brevet) et des matrices de flux technologiques (des classes technologiques liées entre elles par un lien de citation). Ici, les données n'étant viables que pour la période 2010-2012 ce sont les données de citations antérieures (*backward citations*) qui sont utilisées. Cela signifie qu'à partir d'une liste de brevets on retrouve les brevets qu'ils ont cités. L'opposé serait d'exploiter les citations postérieures (*forward citations*) c'est-à-dire les citations qui sont faites d'un brevet après sa publication, chose impossible à si courte échéance. Il est ici important de noter qu'un brevet peut citer un autre brevet pour deux raisons. Soit, parce que l'auteur du brevet a cité ce brevet comme référence il est alors conscient de la filiation en termes de connaissance. Soit, Parce que l'examineur de l'office de la propriété intellectuelle a ajouté une référence qu'il trouve pertinente. Dans ce deuxième cas l'auteur peut ne pas être conscient de cette filiation.

Procédure d'extraction des données :

Les brevets de la base du *Scoreboard* sont liés à Patstat à l'aide du numéro unique d'identification (appln_id). La procédure se déroule comme ceci :

- 1- Extraction des informations de base: Pour les entreprises du Scoreboard, au sein de la table (TLS211_PAT_PUBLN), à l'aide du numéro de d'identification unique des brevets (appln_id), les information sur l'autorité de dépôt, le type de publication (ici seuls les brevets sont retenus), la date de dépôt (appln_filing_date) et le numéro du publication (pat_publn_id).
- 2- Extraction des informations de citation : Pour les entreprises du Scoreboard, au sein de la table (TLS212_CITATION) à l'aide du numéro de publication (pat_publn_id), les références sur les brevets cités sont prélevées : le numéro des brevets cités (cited_pat_publn_id et cited_appln_id).
- 3- Extraction des informations ayant trait aux classes technologiques : pour les brevets cités et citant, au sein de la table (TLS209_APPLN_IPC), les numéros des classes technologiques de la CIB sont relevés (ipc_class_symbol).
- 4- Extraction des informations ayant trait aux familles de brevets : pour les brevets cités et citant, au sein de la table (TLS219_INPADOC_FAM), les numéros de famille de brevets sont relevés (innpadoc_family_id). Une famille de brevets est un ensemble de brevets liés à la même innovation.

Le jeu de données final est construit sur la base des familles de brevets (l'intérêt lié à ces familles sera présenté plus loin) et comprend donc les informations suivantes :

- le numéro d'identification unique des brevets (appln_id)
- les références des offices de dépôts des brevets (publn_auth)

- la date de dépôt (appln_filing_date)
- les classes technologiques (ipc_class_symbol)
- les numéros de famille (innpadoc_family_id)

Périmètre des données de citation :

Après suppression des doublons, suppression des autocitations et nettoyage des données manquantes aux, le jeu de données comprend :

Nombre de firmes ayant déposé des familles de brevets dans les offices étudié : ——— 1655

Nombre de familles de brevets : ————— 2 341 491

Nombre de familles de brevets uniques : ————— 1 424 516

Nombre de familles de brevets citant : ————— 367 185

Nombre de familles de brevets citant uniques : ————— 254 154

Nombre moyen de familles de brevets citant par entreprises : ————— 221,86

Nombre moyen de familles de brevets uniques citant par entreprises : ————— 153,56

Nombre de classes technologiques uniques pour les familles de brevets citant : ——— 621

Nombre moyen de classes technologiques uniques par famille de brevet citant : ——— 2,72

Nombre de familles de brevets cités : ————— 1 974 306

Nombre de familles de brevets cités : ————— 1 087 362

Nombre moyen de familles de brevets cités par entreprise : ————— 1 192 ,93

Nombre moyen de familles de brevets uniques cités par entreprise : ————— 657,01

Nombre de classes technologiques uniques pour les familles de brevets cités : ——— 638

Nombre moyen de classe technologique par famille de brevets cité : ————— 3,11

Chapitre 3 : Identification des SCT au sein d'un environnement de connaissances « défense »

Introduction

L'objectif de ce chapitre est de repérer, à l'aide des données présentées en introduction de cette partie, les SCT dont nous étudierons par la suite le caractère dual. Il constitue en quelque sorte un chapitre introductif à cette partie empirique.

Pour identifier un ensemble pertinent de SCT, un environnement de connaissances spécifique et adapté à l'objet d'étude dual sera délimité dans ce chapitre. Il s'agit, en l'occurrence, de délimiter deux périmètres, d'une part, un ensemble de connaissances consacrées au domaine de la défense dans le cadre de l'innovation d'entreprises, périmètre désigné sous le nom d'environnement de connaissances défense et, d'autre part, l'ensemble des connaissances utilisées dans toutes les activités d'innovation, autrement dit l'environnement de connaissances global.

Ce chapitre est l'occasion d'introduire la Théorie de la Dominance Economique (TDE). Elle sert ici à identifier les SCT au sein de l'environnement de connaissances défense, et sera utilisée de nouveau par la suite pour analyser le potentiel dual de ces SCT en étudiant leurs relations avec l'environnement de connaissances global. La TDE prend ses origines dans les travaux de F. Perroux (1948) qui reposent sur une analyse structurale de l'économie fondée sur une représentation asymétrique des relations dites de dominance entre les éléments d'une structure. L'analyse de ces relations met en évidence des phénomènes de dépendance, d'interdépendance, et d'autarcie qui façonnent la structure. Dans le cadre de cette thèse, l'application des outils d'analyses associés à la TDE aux données de brevets offre une

solution pour localiser et mesurer des synergies entre les connaissances et ainsi, délimiter des SCT.

Ainsi, ce chapitre revient, tout d'abord, sur les fondements de la TDE puis, décrit les outils méthodologiques qui permettent, appliqués aux données de brevets, d'étudier la production de connaissances. Ensuite, il précise la méthode qui permet de repérer des synergies au sein d'une structure pour finalement repérer les SCT qui sont enfin brièvement présentés.

1. Théorie de la dominance économique et analyse des flux de connaissances

Dans cette section nous présenterons la TDE ainsi que les modalités de son application à l'analyse des flux de connaissances.

1.1. Théorie de la dominance économique

La manière dont est présentée ici la Théorie de la Dominance Economique repose en grande partie sur les travaux de R. Lantner (1974).

Présentation générale :

Comme le rappellent D. Lebert et H. El Younsi (2014), la TDE repose sur deux ancrages, l'un théorique et l'autre méthodologique. Théoriquement, la TDE se situe dans la filiation des travaux menés par F. Perroux sur les relations de pouvoir (de dominance) en économie (1973, 1994 pour une synthèse). Ces travaux proposent une conception du monde économique, comme un ensemble de rapports de domination qui peuvent être patents ou dissimulés (Perroux, 1948). Méthodologiquement, elle se rattache à la théorie mathématique des graphes qui depuis ses premiers pas à la fin des années 1940 (Bavelas, 1948, Luce et Perry, 1949 et Leavitt, 1951), puis les analyses plus formelles menées au sein de l'université

du Michigan (Harary et Norman, 1953, Cartwright *et al.*, 1965), constitue l'outil privilégié des études sociométriques, autrement appelées, Analyse des Réseaux Sociaux (ARS). L.C. Freeman souligne que « l'école de la Sorbonne », notamment par le biais de C. Flament (Flamment *et al.*, 1963) et de C. Berge (1958), établit une première synthèse de ces écrits « montrant explicitement qu'un vaste champ de problèmes sociaux pouvait être compris comme des cas particuliers d'un modèle structural général » (Freeman, 2004, p. 114).

Les travaux de C. Ponsard (1967, 1968) puis de R. Lantner (1972a, 1972b, 1974) poursuivent le développement du cadre théorique proposé par Perroux et déploient des outils d'analyse structurale reposant sur la théorie mathématique des graphes afin de définir une représentation formelle des relations de dominance. Ce sont ces recherches qui aboutissent à la TDE. Jusqu'à présent, elle s'est principalement appliquée à l'analyse des relations interindustrielles. D'abord, dans un cadre national, afin d'étudier les relations de dépendance et d'interdépendance entre les branches productives telles que la comptabilité nationale les représente (Lantner 1974) et, ensuite, dans une perspective internationale, afin d'étudier les relations de domination dans le cadre des échanges internationaux (Lebert et El Younsi, 2015). Il est toutefois intéressant de noter que la TDE ne s'est pas exclusivement appliquée aux flux industriels. Elle fut aussi notamment employée afin d'analyser des flux capitalistiques dans l'industrie des media (Lequeux, 2002) et afin d'analyser des flux informationnels, dans le but d'étudier les relations de pouvoir au sein des organisations (Gallo, 2006).

C'est enfin récemment qu'elle a été pour la première fois appliquée aux flux de connaissances. Lebert (2015) étudie les flux de connaissances interterritoriaux par le biais de l'analyse des citations de brevets afin de mesurer la résilience des territoires. L'objectif de ce travail est donc de qualifier des relations de domination entre des territoires puis, dans un deuxième temps, d'expliquer cette résilience en étudiant les relations de domination entre les

technologies à l'intérieur des territoires eux-mêmes. Dans le cadre de cette thèse nous proposons une démarche distincte. L'objectif est *a priori* d'étudier les flux de connaissances inter technologiques afin d'expliquer une dynamique d'innovation duale.

Formalisation de la structure :

L'analyse des connaissances est au cœur de cette thèse. C'est en les analysant que la proximité entre sphère défense et sphère civile en tant que déterminisme de la dualité est étudiée. Or, les flux de connaissances constituent une structure d'échanges parmi d'autres. Alors, pour bien comprendre l'intérêt de la TDE dans le cadre de tels travaux, il convient de présenter la manière dont cette théorie s'applique formellement à l'analyse d'une structure d'échanges quelconque, avant de l'appliquer au cas des flux de connaissances.

Pour cela, une structure d'échanges entre n pôles est envisagée. Cette structure correspond à une matrice carrée de n lignes nommées i et de n lignes nommées j dont les termes notés x_{ij} correspondent aux flux entre les différents pôles émetteurs et récepteurs. On a, X_i la production du $i^{\text{ème}}$ pôle avec $X_i - \sum_{j=1}^n x_{ij} = Y_i$ la « demande » émanant de l'extérieur de la structure et $X_j - \sum_{i=1}^n x_{ij} = W_j$ « la valeur ajoutée » du pôle j . La matrice ayant des « coefficients techniques » de format $n \times n$ composée des termes $a_{ij} = x_{ij}/X_j$ est ainsi calculée. Le système Input Output (IO) $AX = Y$ est obtenu avec, $A = [I - a]$ la « matrice de Léontief ». De même, la matrice t des « coefficients de débouché » de format $n \times n$ composée des termes $t_{ij} = x_{ij}/X_i$ est calculée. Au format matriciel, le système IO $X^R T = W^R$ est obtenu, avec $T = [I - t]$, X^R est le vecteur ligne de X_j et W^R est le vecteur ligne de W_j . Les diagonales des matrices A et T sont composées des mêmes coefficients, ils représentent les boucles associées à chaque pôle, c'est-à-dire les flux allant directement du $i^{\text{ème}}$ pôle vers le $i^{\text{ème}}$ pôle.

Il existe de nombreuses passerelles entre l'analyse IO et l'Analyse des Réseaux Sociaux (ARS). On peut notamment citer, G.R. Salancik (1986), P. Bonacich (1987), N. E. Friedkin (1991) et P. Bonacich et P. Lloyd (2001) qui utilisent des outils et des méthodes issus de l'analyse IO en ASR et plus récemment J. Gallo (2006) qui introduit, dans le cadre de l'analyse IO, des mesures quantitatives issues des travaux de R. Lantner (1974). En effet, la structure de l'analyse IO représente un ensemble de relations entre différents pôles qui peuvent s'appréhender à la manière de F. Perroux (1948) comme des relations de domination qui s'exercent, directement ou indirectement, entre ces pôles. Alors, la méthode IO, comme le rappelle J. Gallo (2006), permet de mesurer l'influence que ces pôles exercent entre eux.

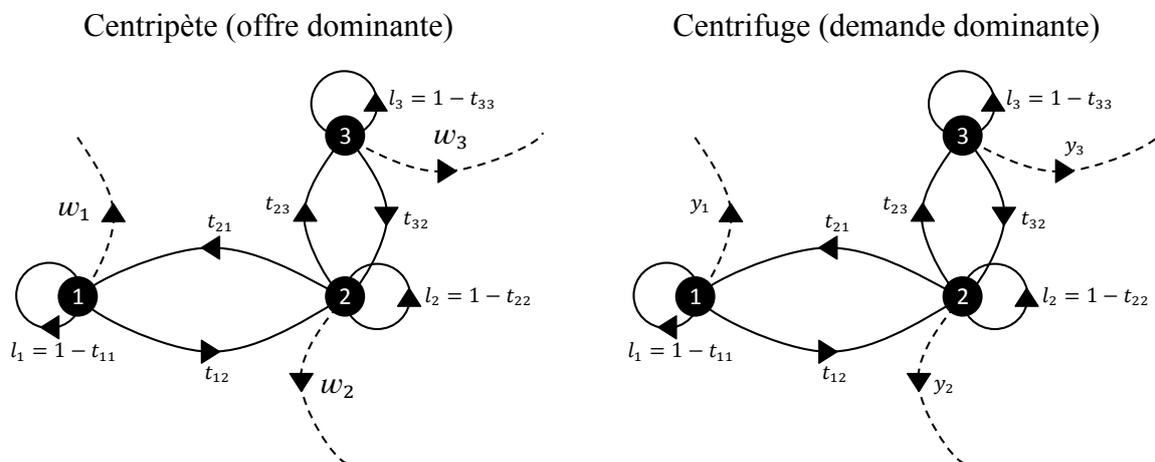
La TDE a pour objet de mesurer et d'analyser ces influences au sein d'un réseau. Pour cela elle dispose d'un outil, la Théorie des Graphes d'Influence (TGI, Lantner, 1974) qui utilise les travaux menés sur la théorie des graphes de fluence (ou de transfert, Ponsard, 1972) et qui les prolonge en permettant notamment de discerner dépendance et interdépendance structurale au sein d'un réseau. Comme le souligne Lantner, l'avantage de la TGI sur la Théorie des Graphes de Fluence (TGF) est qu'elle permet, d'une part, de mieux étudier la diffusion du signal au sein d'une structure et, d'autre part, d'analyser les effets de perturbations multiples sur la structure quand la TDF paraît inadaptée à ce type d'analyse. L'intérêt de la TGI est donc de pouvoir appréhender, au sein de n'importe quel système linéaire, l'influence « globale » d'un pôle sur un autre. Or, cette influence globale ne peut être étudiée sans prendre en compte ce qui se passe dans le reste de la structure, c'est-à-dire indépendamment du lien entre les deux pôles en question. C'est notamment ces phénomènes structuraux que la TGI propose d'analyser, afin de mettre en évidence des effets d'amplification dans ces relations d'influence (Lantner et Lebert, 2015). La TGI permet donc « l'intellection des arrangements et articulations de cette structure ; il en résulte des indicateurs globaux » (Lantner 2015).

Construction des graphes d'influence :

D. Lebert et R. Lantner (2013) rappellent les règles de construction d'un graphe d'influence :

1. Les pôles du graphe représentent chacun une entité i de la structure.
2. Les arcs reliant les pôles entre eux correspondent aux flux (x_{ij}) entre les pôles i et j ; ils sont orientés en fonction de « l'influence dominante » qui peut être soit l'offre (i.e. dans le sens de circulation des biens), soit la demande (i.e. dans le sens de circulation de la contrepartie monétaire). Une première pondération de ces arcs correspond alors soit aux coefficients techniques a_{ij} , soit aux coefficients de débouché t_{ij} , dont on déduit la valeur des « boucles » $\ell_i \equiv 1 - a_{ii} = 1 - t_{ii}$.
3. L'influence dominante définit aussi l'orientation des liaisons avec l'extérieur de la structure. Elle est centrifuge en cas de dominance de l'offre et centripète sinon. Une deuxième pondération des ces flux correspond à ce qui ne circule pas dans la structure : $w_i \equiv W_i/X_i = 1 - \sum_{j=1}^n a_{ij} \geq 0$ lorsque l'offre est dominante et $y_i \equiv Y_i/X_i = 1 - \sum_{j=1}^n t_{ij} \geq 0$ lorsque la demande est dominante.

Figure 12 : La pondération d'un graphe



Cela permet de dévoiler « les modalités de la dépendance et de l'interdépendance générales, liées au processus de diffusion quantitative de l'influence et aux déterminations structurelles qui l'entravent, en dissociant les effets directs et indirects de dominance et en déterminant leur importance respective » (Lantner 1974, pp. 74-75).

J. Gallo (2006) précise que la TGI distingue deux types d'influence. L'influence absolue qui se calcule grâce au coefficient technique d'une matrice de Leontief et l'influence relative qui se calcule à l'aide des coefficients de débouché d'une matrice de Gosh.

- L'influence Directe absolue portée par un arc est égale au coefficient de cet arc :

$$I_{i \rightarrow j}^D = t_{ij}$$

- L'influence Totale absolue portée par un chemin élémentaire est égale au produit des arcs qui composent ce chemin.

$$I_{i \rightarrow j}^T$$

- L'influence Globale absolue du pôle i sur le pôle j se définit comme la variation induite du flux x_{ij} allant des pôles i à j , par rapport à une variation des ressources externes allouées au pôle i . Elle est portée par l'ensemble des chemins élémentaires, elle est donc la somme des influences totales

- L'influence Directe relative portée par un arc est égale au coefficient de cet arc :

$$i_{i \rightarrow j}^D = a_{ij}$$

- L'influence Totale relative portée par un chemin élémentaire dont la valeur est égale au produit des arcs qui composent ce chemin.

$$i_{i \rightarrow j}^T$$

- L'influence Globale relative du pôle i sur le pôle j se définit comme la variation relative induite du flux $x_{ij} : \frac{\Delta x_{ij}}{Y_j}$ par rapport à une variation relative des ressources externes allouées au pôle $j : \frac{\Delta Y_j}{Y_j}$. Elle est portée par l'ensemble des chemins élémentaires, elle est donc la somme des influences totales.

Tableau 3 : Les mesures de l'influence

	Influence Directe	Influence Totale	Influence Globale
Absolue	$I_{i \rightarrow j}^D = t_{ij}$	$I_{i \rightarrow j}^T$	$I_{i \rightarrow j}^G = \frac{\Delta x_{ij}}{\Delta Y_j}$
Relative	$i_{i \rightarrow j}^D = a_{ij}$	$i_{i \rightarrow j}^T$	$i_{i \rightarrow j}^G = \frac{\frac{\Delta x_{ij}}{X_i}}{\frac{\Delta Y_j}{Y_j}}$

R. Lantner : 1974

Ce sont les hiérarchisations des pôles en fonction de leurs influences qui permettent de définir des relations de dominance. R. Lantner et D. Lebert (2013) proposent un certain nombre de théorèmes qui permettent de détailler les propriétés graphiques de telles structures, ils ne seront pas présentés en détails car cela complexifierait le propos sans apporter de plus-value. En revanche, à la manière de D. Lebert et H. El Younsi (2015), une présentation succincte des propriétés du graphe d'influence est nécessaire.

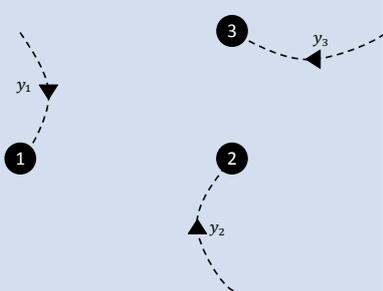
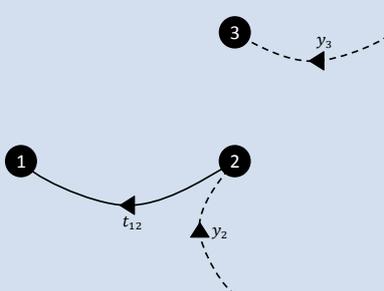
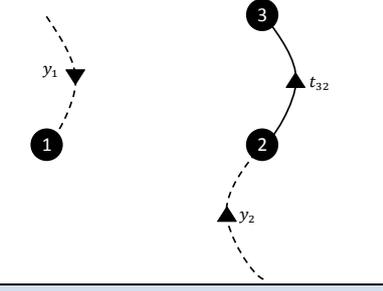
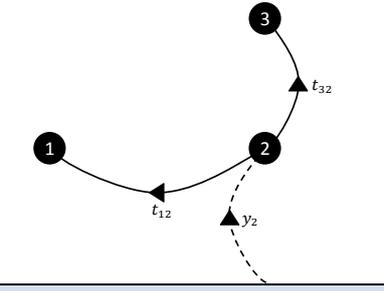
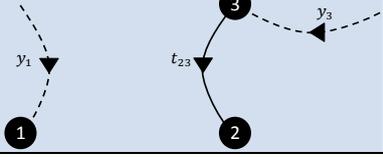
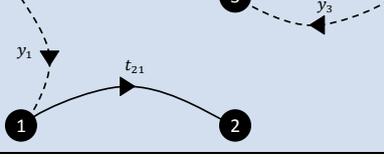
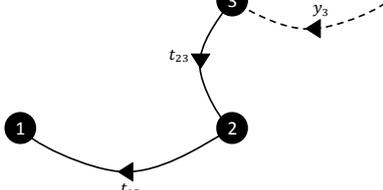
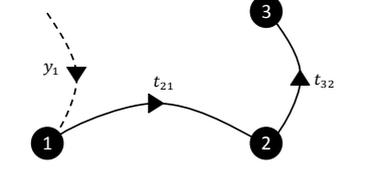
La valeur du déterminant :

La valeur du déterminant D peut être calculée à partir de deux manifestations topologiques opposées, celle des arborescences et celle des circularités (Lantner 1974). Elles se caractérisent de la manière suivante :

- **Les arborescences.** Le déterminant est la somme des valeurs des arborescences. Une « arborescence » étant un graphe partiel qui inclut les relations avec l'extérieur et dans

lequel les degrés entrants pour chaque pôle (nombre de connexions entrantes) sont strictement égaux à 1 alors que les degrés sortants peuvent être quelconques (arborescence intégrant une racine si nous introduisons un pôle supplémentaire où aboutissent l'ensemble des flux externes pondérés par y_i ou w_j) (D. Lebert et H. El Younsi, 2015).

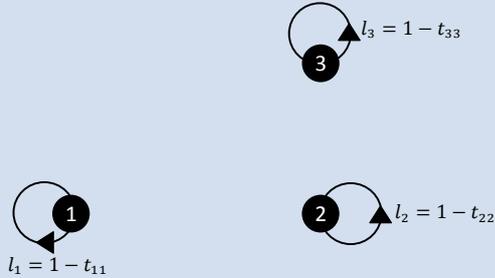
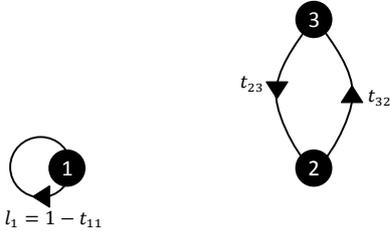
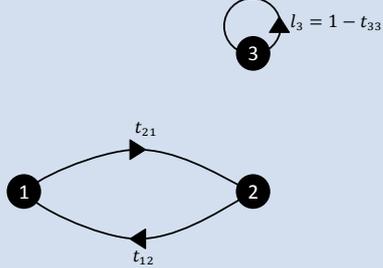
Tableau 4 : Les arborescences du graphe de la figure 12

Arborescences	Valeurs des arborescences	Arborescences	Valeurs des arborescences
	$A_1 = y_1 y_2 y_3$		$A_2 = t_{21} y_2 y_3$
	$A_3 = y_1 y_2 t_{23}$		$A_4 = t_{21} t_{23} y_2$
	$A_5 = y_1 y_3 t_{32}$		$A_6 = y_1 y_3 t_{12}$
	$A_7 = t_{21} t_{32} y_3$		$A_8 = y_1 t_{12} t_{23}$

- **Les circularités.** Le déterminant est la somme des valeurs des circularités. Un circuit est une suite d'arcs (« chemins ») dont les pôles aux extrémités sont identiques. Un Graphe Partiel Hamiltonien (GPH) est un graphe partiel dont les pôles ont des degrés

entrants (nombre de réceptions) et sortants (nombre d'émissions) strictement égaux à 1 (Lebert et El Younsi, 2015).

Tableau 5 : Les GPH du graphe de la figure 12

Graphes partiels hamiltoniens	Valeur des GPH
	$G_1 = (-1)^3 l_1 l_2 l_3$
	$G_2 = (-1)^2 l_1 t_{23} t_{32}$
	$G_3 = (-1)^2 l_3 t_{21} t_{12}$

On a :

$$D \equiv \sum_1^K A_k = \sum_1^L G_l$$

Avec, d'une part, k le nombre des arborescences, et A_k la valeur d'une arborescence :

$$A_k = \prod_{ij \in k} t_{ij}$$

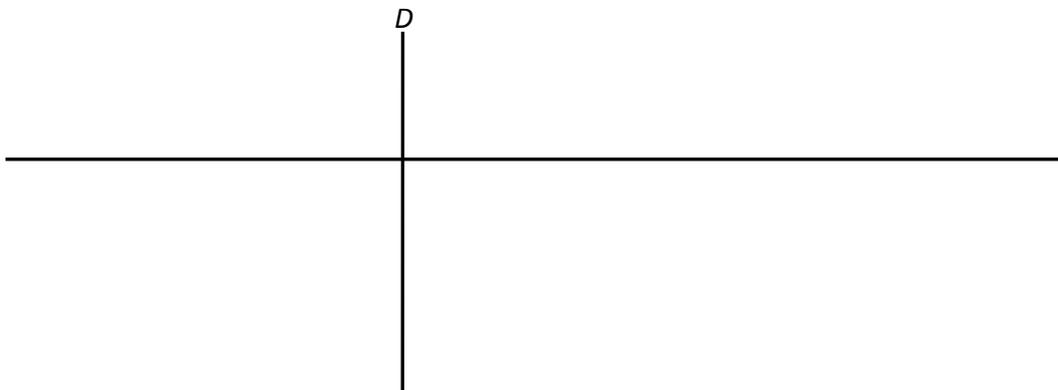
D'autre part, l le nombre des GPH, G_l la valeur d'un GPH et c le nombre de circuit dans le GPH :

$$G_l = (-1)^c \prod_{ij \in l} t_{ij}$$

Construction des indicateurs structuraux :

En se fondant sur la valeur du déterminant de la structure, il est possible de mesurer l'importance de la dominance (associée aux arborescences) et des circularités. Les circularités se déclinant, d'une part, en relations d'interdépendance et, d'autre part, en autarcie. Cela passe par le calcul de plusieurs valeurs théoriques du déterminant. Le positionnement de ces différentes valeurs sur les figures 13 à 15 permettra de suivre plus aisément les explications méthodologiques.

Figure 13 : Les indicateurs structuraux (1)



- Les valeurs minimale et maximale du déterminant : elles dépendent des liaisons de la structure avec l'extérieur.

Considérant un graphe orienté en fonction de l'offre dominante, la valeur minimale du déterminant est égale au produit des y_i (au produit des w_i sinon) :

$$D \geq \prod_{i=1}^n y_i$$

En effet, d'après le théorème des fleurs (Lantner et Lebert, 2013), dans le cas d'une structure à n pôles, si chacun fonctionne en autarcie à l'exception des liaisons avec l'extérieur ; il n'existe qu'un seul GPH composé de n boucles dont le déterminant est égal au produit des valeurs de ces boucles. Or, dans une telle configuration la valeur de ces boucles l_i est minimale et correspond aux coefficients y_i de liaison avec l'extérieur. L'apparition d'un arc supplémentaire entre deux pôles de la structure fait obligatoirement augmenter la valeur du déterminant, la valeur de D est donc minimale.

$$mD = \prod_{i=1}^n y_i$$

Voilà pourquoi l'écart entre la valeur minimale du déterminant mD et la valeur réelle du déterminant est un bon indicateur de l'importance des relations de dépendance (dominance) au sein de la structure.

De même, considérant un graphe orienté en fonction de l'offre dominante, la valeur maximale du déterminant est une fonction des y_i (des w_i sinon) :

$$D \leq 1 - \prod_{i=1}^n (1 - y_i)$$

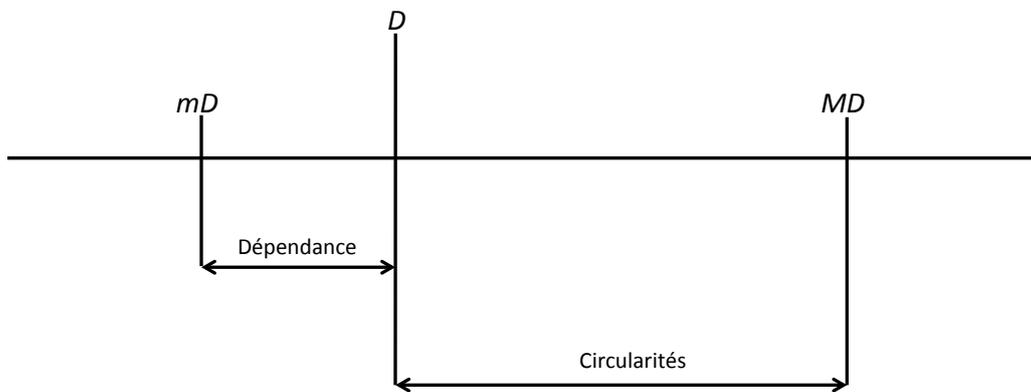
En effet, d'après le théorème des bornes supérieures (Lantner et Lebert, 2013), dans une structure d'échange au sein de laquelle l'autoconsommation est nulle, la valeur des boucles est égale à 1 (*cf.* ci-dessus), alors le produit des valeurs des boucles est aussi égal à 1. La valeur maximale du déterminant (définie comme la somme des valeurs des GPH de la

structure) est donc obtenue quand la structure est entièrement organisée autour de relations de dépendance :

$$MD = \prod_{i=1}^n l_i - \prod_{i=1}^n (1 - y_i) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - y_i)$$

Voilà pourquoi l'écart entre la valeur maximale du déterminant MD et la valeur réelle du déterminant est un bon indicateur de l'importance des circularités (interdépendances) au sein de la structure.

Figure 14 : Les indicateurs structuraux (2)



- Les bornes absolues du déterminant :

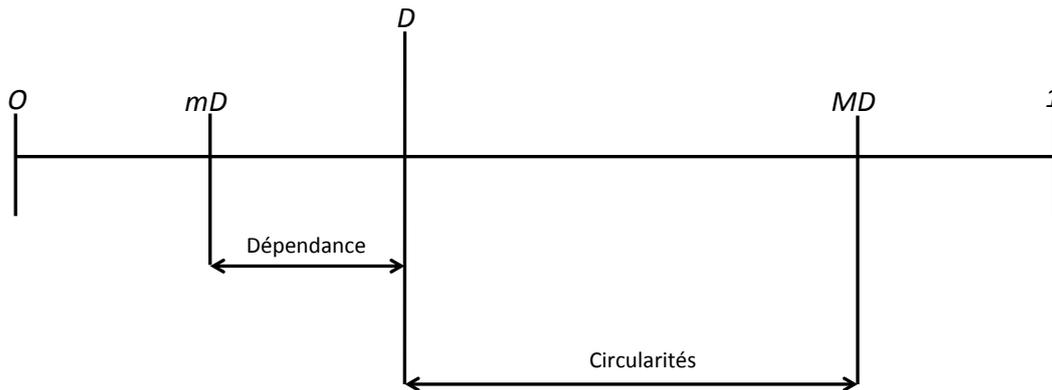
On sait que :

$$\prod_{i=1}^n y_i \leq D \leq 1 - \prod_{i=1}^n (1 - y_i)$$

Or, comme nous l'avons défini précédemment, $y_i \geq 0$. Donc le produit des y_i est forcément supérieur ou égal à 0. Par ailleurs, $y_i \leq 1$ donc la valeur minimale de $\prod_{i=1}^n (1 - y_i)$ est 0, par extension $1 - \prod_{i=1}^n (1 - y_i) \leq 1$. Alors :

$$0 \leq D \leq 1$$

Figure 15 : Les indicateurs structuraux (3)



- La borne supérieure du déterminant en présence d'autarcie:

En présence d'autarcie, la valeur maximale du déterminant conserve la même forme, à la différence qu'au moins une des boucles ne prend pas pour valeur 1. Considérant de nouveau un graphe orienté en fonction de l'offre dominante, la valeur maximale du déterminant est alors :

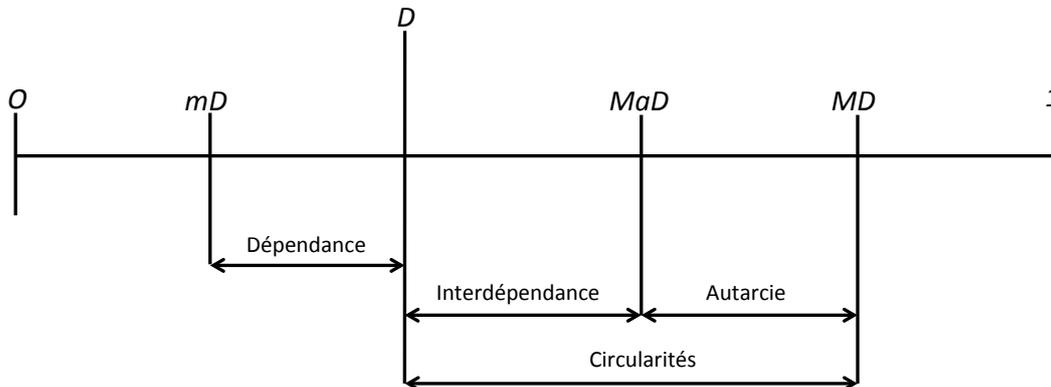
$$D \leq \prod_{i=1}^n l_i - \prod_{i=1}^n (l_i - y_i) < 1 - \prod_{i=1}^n (1 - y_i)$$

En effet, en présence d'autarcie pour au moins un pôle i l'autoconsommation n'est pas nulle. On a alors pour ce pôle une valeur de la boucle inférieure à 1 (*cf.* ci dessus). De ce fait, le produit des boucles est lui aussi inférieur à 1. De plus, pour chaque pôle i , la valeur de la boucle inférieure à 1 diminue la valeur des arcs à $1 - t_{ii} - y_i = l_i - y_i$. La valeur maximale du déterminant d'une structure comportant de l'autoconsommation (autarcie) est donc (Lantner et Lebert, 2013) :

$$MaD = \prod_{i=1}^n l_i - \prod_{i=1}^n (l_i - y_i)$$

Voilà pourquoi l'écart entre la valeur maximale du déterminant MD et la valeur du déterminant en présence de l'autarcie est un bon indicateur de l'importance de l'autarcie au sein de la structure.

Figure 16 : Les indicateurs structuraux (4)



La perspective de la partition :

Au delà de la valeur du déterminant, l'autre angle permettant de comprendre une structure selon la TGI est **la perspective de la partition** (Lebert et El Younsi, 2015). Elle correspond à l'analyse des relations de dominance et d'interdépendance entre des sous-ensembles de la structure. Cela revient à considérer séparément les liaisons entre certains pôles du graphe. Autrement dit, on s'intéresse au sein d'une matrice complète à des sous-ensembles définissant des sous matrices. Il est possible de calculer le déterminant de chaque sous-matrice afin d'y mesurer la dominance, l'interdépendance et l'autarcie telle qu'elles ont été définies plus haut (Lantner et Lebert, 2013).

Par ailleurs, le reste de la matrice complète permet de mesurer l'importance de ces mêmes phénomènes entre les sous ensembles. En effet, le théorème des interdépendances partielles énonce que la mesure du lien entre les sous-ensembles d'une matrice est donnée par la différence entre le produit des déterminants des sous-matrices et le déterminant de la matrice complète (Lantner et Lebert, 2013).

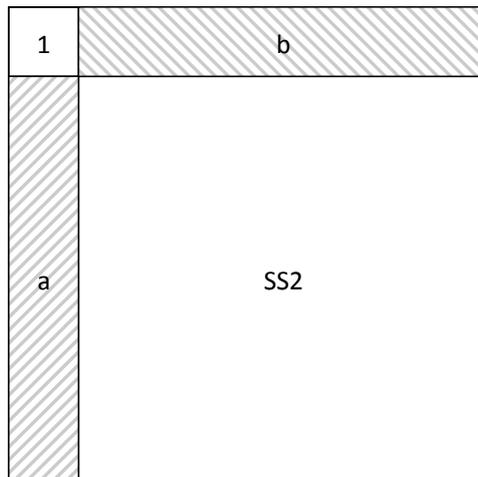
$$I = \prod_p D_p - D$$

Avec D le déterminant de la matrice complète et D_p les déterminants des sous matrices.

Ainsi, il est possible d'analyser les interactions entre différents sous ensembles au sein d'une structure. Afin de simplifier les calculs, il est possible de considérer une structure sans autarcie.

Dans un premier temps, la structure considérée est séparée en deux sous-structures. La structure 1 définie par un seul pôle et la sous structure 2 englobe l'intégralité des autres pôles. La forme de la structure ainsi obtenue est la suivante :

Figure 17 : Le déterminant des sous matrices (1)



Avec D_1 le déterminant de la sous-structure 1, D_2 le déterminant de la sous-structure SS2, « a » l'ensemble des coefficients des flux sortants de 1 et « b » l'ensemble des coefficients des flux entrants dans 1. On a donc l'interdépendance des sous structures :

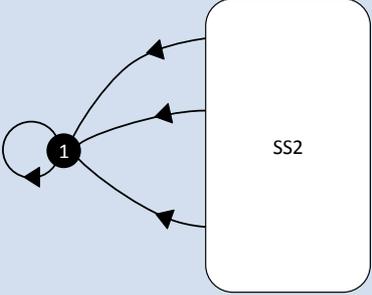
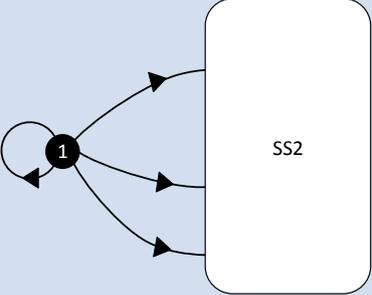
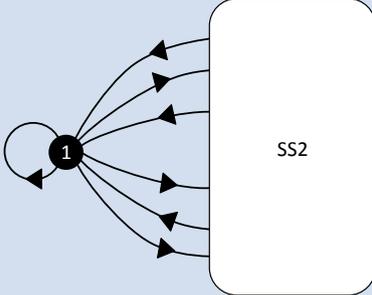
$$I_1 = D_1 \times D_2 - D$$

Le déterminant d'une matrice à 1 pôle est égal à la valeur de la boucle associée. Or, sans autarcie, la valeur des boucles est égale à 1. On a alors :

$$I_1 = 1 \times D_2 - D$$

Trois situations peuvent alors s'envisager :

Tableau 6 : Les interdépendances des sous-structures

A : tous les « a » sont égaux à 0.	B : tous les « b » sont égaux à 0.	C : au moins un « a » et un « b » sont différents de 0
		
<p>Dans ce cas, l'influence de 1 sur SS2 est nulle, il n'y a pas de circularité entre les sous-structures. Donc :</p> <p style="text-align: center;">$D_2 = D$</p>	<p>Dans ce cas, l'influence de SS2 sur 1 est nulle, il n'y a pas de circularité entre les sous-structures. Donc :</p> <p style="text-align: center;">$D_2 = D$</p>	<p>Dans ce cas, l'influence est réciproque, il existe de la circularité entre les sous-structures. Donc :</p> <p style="text-align: center;">$D_2 < D$</p>

Dans un second temps, la structure est partagée en trois parties comme le montre la figure 17 avec $D_1 = 1$ et $D_2 = 1$ les parties 1 et 2 étant composées d'un seul pôle. Or, le théorème de la partition indique que $D_s = D_1 \times D_2 \times D_3 \geq D$. C'est-à-dire que la différence entre D_s et D dépend :

- Des valeurs de a et b, i.e des circularités entre les parties 1 et 2.
- Des valeurs de c et d, i.e des circularités entre les parties 2 et 3.
- Des valeurs de e et f, i.e des circularités entre les parties 1 et 3.

Le théorème de la partition permet donc de mesurer l'interdépendance globale entre l'ensemble des parties de la structure en calculant ici la différence entre D_s et D , et de mesurer l'interdépendance par couple de parties en fonction des circularités qui transitent par elles.

La somme de ces circularités prises deux à deux ne comblent pas la valeur de $D_s - D$. Certains circuits ne sont appréhendables qu'en considérant trois parties ou davantage. La différence entre $D_s - D$ et la somme des interdépendances entre les parties prises deux à deux correspondent au poids des circularités longues (*i.e* qui passent par au moins trois parties) dans la structure.

Figure 18 : Le déterminant des sous matrices (2)

1	b	f
a	2	d
e	c	SS3

Avec D_1 le déterminant de la sous-structure 1, D_2 le déterminant de la sous-structure 2 et D_3 le déterminant de la sous-structure SS3 ; « a » le coefficient du flux sortant de 1 et entrant dans 2, « b » le coefficient du flux entrant dans 1 et sortant de 2, « c » l'ensemble des coefficients des flux sortants de 2 et entrant dans SS3, « d » l'ensemble des coefficients des flux entrants dans 2 et sortant de SS3. On a donc l'interdépendance des sous-structures :

$$I_2 = D_1 \times D_2 \times D_3 - D$$

1.2. Application à l'analyse des connaissances par le biais des brevets

En se fondant sur la TDE, cette thèse propose d'analyser la production de connaissances afin de comprendre les relations de dépendance et d'interdépendance qui la structurent. Pour cela, il convient avant tout de définir l'environnement de connaissances.

Les bases de connaissances :

Comme cela sera mis en avant par la suite il y a plusieurs manières d'appréhender un environnement de connaissances. Les outils de la TGI constituent une de ces manières. Pour qu'elle puisse s'appliquer, les données qui permettent d'appréhender la production de connaissances doivent être structurées de la bonne manière. Pour cela, il est nécessaire de définir une base de connaissances.

Dans la première partie, le concept de base de connaissances a été présenté. Comme il a été explicité alors, la base de connaissances permet de représenter pour une unité, qui peut être une entreprise, un territoire, un secteur etc., la connaissance qu'elle manipule. Or, dans le cadre de la TGI, comme cela a été dit précédemment, les informations doivent être structurées comme un système IO. Dans le cadre d'une analyse de la production de connaissances à l'aide de la TGI, les bases de connaissances doivent alors permettre d'identifier les connaissances en input permettant de produire des connaissances en output. Cette représentation est obtenue en construisant des matrices de flux technologiques.

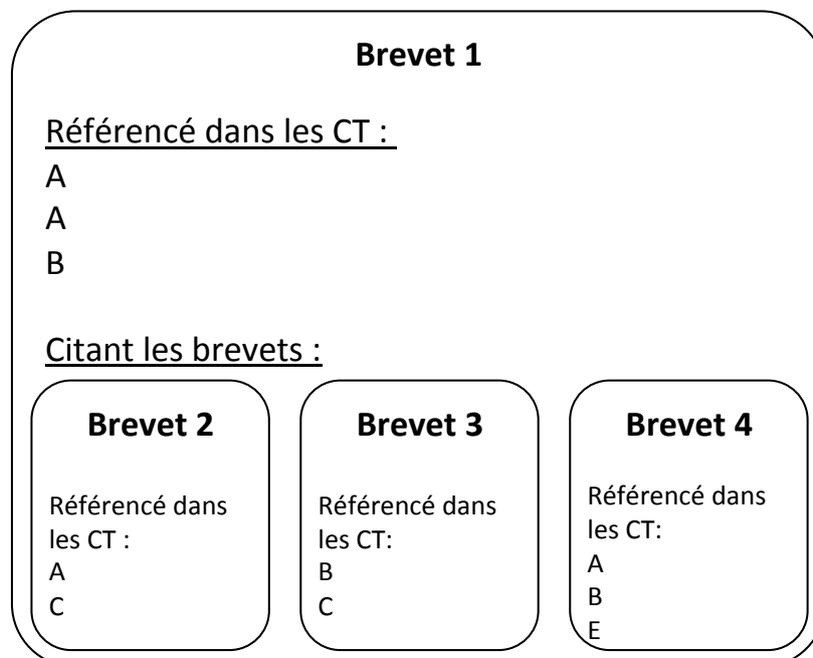
Comme cela a été justifié dans la première partie, l'exploitation des brevets permet de se figurer l'état de la production de connaissances et de structurer des bases de connaissances. En exploitant ces informations, il est possible de construire des matrices de flux technologiques à l'aide des données de citations de brevet. Pour comprendre cela il convient avant tout de bien se représenter quelles sont les informations contenues dans un brevet.

La structure d'un brevet :

Comme nous l'avons déjà dit chaque brevet est, lors de son enregistrement auprès d'un office de protection de la propriété intellectuelle, classé dans une ou plusieurs Classe Technologique (CT), en fonction de la nature de l'innovation qu'il protège. Il existe en la matière plusieurs classifications. Ici, nous nous référons à la Classification Internationale des Brevets (CIB) car elle est celle utilisée par l'ensemble des offices dont nous utilisons les données pour cette étude (USPTO, EPO et l'ensemble des offices de l'Europe des quinze).

Par ailleurs, à l'instar d'un article de recherche, un brevet est obligé de citer ses sources. Il doit donc mentionner les brevets sur lesquels il s'appuie. Ainsi, chaque brevet répertorie un ensemble de CT que nous pouvons séparer en deux catégories. D'abord, celles dans lesquelles le brevet est directement référencé, que nous nommons les classes « citantes », ensuite, celles dans lesquelles les brevets cités sont référencés, que nous nommons « citées ».

Figure 19 : Représentation de la structure d'un brevet



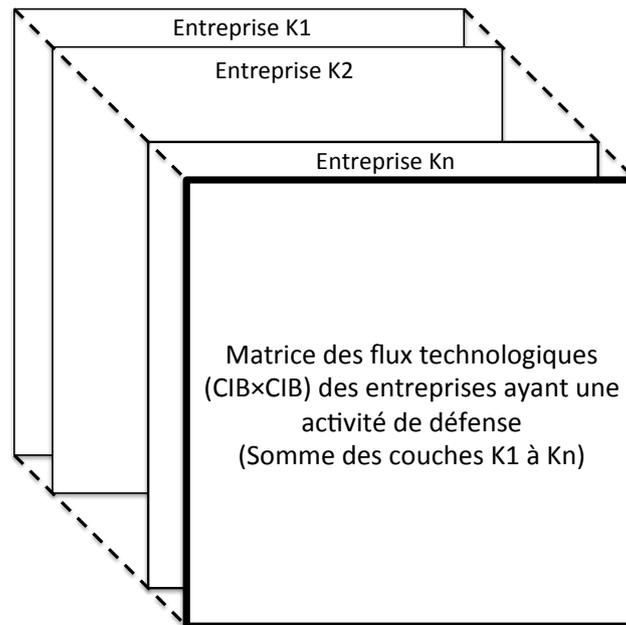
Par exemple, dans la figure 19 le brevet 1 permet d'identifier deux classes « citantes » A et B. La classe A est comptée deux fois. Ceci se produit car nous n'utilisons pas le découpage le plus précis de la CIB, ce qui conduit à référencer certaines classes technologiques sous le même code alors qu'elles sont distinctes à un niveau plus fin de classification. De même, on dénombre quatre classes « citées » : A (2 fois), B (2 fois), C (2 fois) et E

Construction des matrices de flux technologiques :

L'introduction de cette partie a permis de définir les données utilisées ici et donc de préciser que les informations relatives au dépôt de brevets par des entreprises consolidées n'est disponible auprès de l'IPTS que pour une période de trois ans (2010-2012). Il est ainsi impossible de savoir quelle utilisation sera faite de ces brevets étant donné le peu de recul. En revanche, il est possible de savoir quels brevets passés ont été cités par les brevets déposés à cette période. C'est donc une approche « backward citations », qui est adoptée ici. C'est-à-dire que les flux technologiques sont établis en étudiant les citations de brevets **antérieurs** faites par un brevet sélectionné. Cette méthode s'oppose à l'analyse des « forward citations » qui consiste à étudier les citations **postérieures** faites d'un brevet préalablement sélectionné (ce qui nous est impossible car nous ne profitons pas du recul nécessaire). Ce choix permet de mettre en avant les capacités d'absorption et de combinaisons technologiques plutôt que la capacité de diffusion des technologies. Le portefeuille de chaque entreprise permet alors de construire une matrice de flux technologiques. Pour cela, il suffit de superposer ces « couches » pour obtenir une grande matrice de l'ensemble des flux technologiques correspondant à notre échantillon (*cf.* Verspagen, 2004 pour plus de précisions sur la construction des matrices de flux). Même si l'exploitation des matrices de flux technologiques peut se faire au-delà des données relatives aux entreprises, la logique des « backward citations » sera conservée afin de conserver une unité dans toute la thèse. Les citations de

brevets (cf. Autant-Bernard et al., 2014) constituent la variable qui sera utilisée dans cette thèse pour construire les matrices de flux technologiques permettant ainsi d'analyser la diffusion de connaissances au niveau des entreprises et des classes technologiques.

Figure 20 : Matrice des flux technologiques des entreprises ayant une activité de défense



En poursuivant l'exemple du brevet présenté par la figure 19, il est possible de détailler la manière dont sont quantifiés les flux technologiques au sein de la matrice. Les flux technologiques sont en effet pondérés de plusieurs manières successives, le principe étant que chaque **famille de brevets** (dont la constitution est précisée ci-dessous) compte pour « 1 » dans la matrice agrégée.

Premièrement, **la pondération interne au brevet**. Dans notre exemple, il existe trois classes technologiques « citantes » (A+A+B) et sept classes technologiques « citées » (A+A+B+B+C+C+E). Il existe donc 21 combinaisons possibles (3×7). Alors, chaque lien entre deux classes comptera pour une part de ces 21 combinaisons. Par exemple, la liaison A→B compte pour $4/21^{\text{ème}}$, la liaison B→E pour $1/21^{\text{ème}}$ etc.

Deuxièmement, **la pondération liée aux entreprises détentrices du brevet.** Si le brevet en question n'est détenu que par une seule entreprise alors il n'est pas concerné par cette pondération. En revanche si plusieurs entreprises se partagent la propriété d'un brevet, alors la valeur des flux technologiques qui lui sont associés est répartie équitablement entre les différentes entreprises (*fractionnal counting*). Concrètement si les entreprises X et Y se partagent la propriété du brevet 1, alors les flux technologiques sont répartis en 42 parts et non plus 21. Pour l'entreprise X la liaison A→B compte désormais pour $4/42^{\text{ème}}$, et la liaison B→E pour $2/42^{\text{ème}}$ etc. De même pour l'entreprise Y.

Troisièmement, **la pondération liée aux familles de brevets.** Ce travail portant sur plusieurs offices de protection de la propriété intellectuelle, nous n'observons pas simplement les brevets, mais plus exactement les familles de brevets. Ces familles permettent de regrouper plusieurs brevets déposés dans différents offices mais faisant référence à la même Invention⁵ (*cf.* Dernis et Khan, 2004 pour plus de précisions). En effet, une même invention peut faire l'objet d'un brevet au Etats-Unis, d'un autre en Europe, d'un autre spécifiquement pour l'office Français, etc. Chaque brevet répertorie alors une liste de CT « citantes » et de CT « citées ». Or, chaque office est plus ou moins indépendant et procède selon ses propres méthodes pour identifier les CT « citantes » ainsi que les brevets cités et donc les CT « citées » pour chaque brevet (Mérindol et Fortune, rapport de l'OST, 2009) ce qui conduit, d'un brevet à l'autre, à des écarts dans la liste des classes technologiques, alors même qu'ils appartiennent à la même famille. Il convient donc, lors de l'agrégation des ces brevets, de ne point surestimer ou sous-estimer la valeur des liaisons technologiques. Pour cela nous ne prenons en compte, comme c'est communément le cas, que les liaisons uniques dans chaque brevet (exemple : un brevet américain citant un brevet allemand et un brevet Français, de la

⁵ Pour consolider ces familles nous avons utilisé les numéros « d'inpdoc_family_id » proposés dans la base PATSTAT qui permet de regrouper tous les brevets se référant directement ou par l'intermédiaire d'un brevet tiers au même brevet d'origine

même famille que le brevet américain, ayant les mêmes CT « citantes » et qui cite le même brevet allemand, regroupent des citations identiques qui ne doivent alors être comptées qu'une seule fois). En effet, nous considérons que les doublons font référence aux mêmes liens technologiques. Afin de clarifier ce point, considérons que le Brevet 1 appartient à une famille contenant un seul autre brevet, le brevet 5. Celui-ci permet toujours d'identifier trois CT « citantes » A (2 fois) et B. En revanche, il cite, en plus des brevets 2, 3 et 4, le brevet 6 référencés dans les classes B et C. Les classes technologiques citées par le brevet 5 sont alors : A (2 fois), B (3 fois), C (3 fois) et E. Ainsi ce deuxième brevet répertorie l'ensemble des liaisons technologiques déjà identifiées dans le brevet 1 et ajoute un ensemble de liaisons associées à l'apparition des CT supplémentaires. Par conséquent, il n'existe plus 42 combinaisons technologiques possibles ($3 \times 7 \times 2$), mais 54 combinaisons technologiques possibles ($3 \times 9 \times 2$). Alors, pour l'entreprise X la liaison $A \rightarrow B$ compte pour $6/54^{\text{ème}}$ et la liaison $B \rightarrow E$ $1/54^{\text{ème}}$ etc. De même pour l'entreprise Y.

A partir de l'exemple précédent deux couches identiques de la forme suivante peuvent être identifiées pour les entreprises X et Y.

Figure 21 : Représentation des couches de la matrice des flux technologiques

Entreprise X						Entreprise Y										
« Citantes »						« Citantes »										
						A	B	C	D	E						
A	4/54	2/54	0	0	0	A	4/54	2/54	0	0	0					
B	6/54	3/54	0	0	0	B	6/54	3/54	0	0	0					
C	6/54	3/54	0	0	0	C	6/54	3/54	0	0	0					
D	0	0	0	0	0	D	0	0	0	0	0					
E	2/54	1/54	0	0	0	E	2/54	1/54	0	0	0					
« Citées »						« Citées »										

La somme de l'ensemble des couches constitue un système input output des flux technologiques de ces entreprises. C'est en étudiant ce système Input Output qu'il est possible

d'analyser la relation d'influence entrant dans le processus de production de connaissances. La construction des systèmes a été détaillée en prenant en compte les données d'entreprises. Afin de construire des matrices de flux technologiques sans données d'entreprise, il suffit de supprimer l'étape relative à la pondération par entreprise et de considérer en une seule fois toutes les familles de brevets prises en compte.

Le premier bénéfice de l'analyse des matrices de flux technologiques à l'aide de la TDE est l'identification des synergies entre les connaissances et par conséquent le repérage de SCT au sein d'un environnement de connaissances.

2. Application de la TGI à l'identification des SCT

Comme la première partie de ce chapitre a permis de le souligner, obtenir la liste des connaissances contenues dans un système technologique de défense pose plusieurs problèmes. C'est afin d'y répondre que le concept de SCT a été proposé. L'objectif de cette section est de repérer au sein des bases de connaissances des firmes un ensemble de SCT dont il sera pertinent d'étudier le caractère dual par la suite.

2.1. Méthode d'identification des SCT

En la matière, un choix déterminant a été fait, celui d'identifier les SCT à partir des données de brevets des entreprises AAD. Il se justifie de deux manières. Premièrement, si la dualité est abordée dans cette thèse comme une relation réciproque dans la production de connaissances, il n'empêche que, compte tenu des informations exploitées ici, la situation est largement déséquilibrée entre les deux parties. En effet, sur les 2000 entreprises étudiées, seules 65 disposent d'une activité dans le domaine de la défense⁶. Afin de définir ce

⁶ Le poids de l'activité défense varie entre 1% et 100% du chiffre d'affaire de ces entreprises. L'annexe 1 présente toutes les données relatives à ces entreprises.

pourcentage défense des entreprises du panel, les données du SIPRI sont utilisées (SIPRI : *Top 100 companies data in a time series from 2002–14*). Ces entreprises compte pour 368 254 brevets déposés contre 5 251 233, pour l'ensemble de l'échantillon. Deuxièmement, la sphère défense se caractérise par une certaine unité dans l'utilisation des connaissances. Effectivement, dans l'environnement de connaissances défense les connaissances sont spécifiquement destinées aux applications du domaine de la défense. En revanche, la sphère civile n'est en rien spécifiée par une utilisation spécifique des connaissances et regroupe au contraire une large diversité d'applications. Pour cette raison, c'est l'application défense qui constitue une particularité et cela justifie que ce soit à partir des entreprises qui visent cette application spécifique que l'analyse débute.

Cette démarche n'entache en rien le caractère réciproque de la dualité telle qu'elle a été définie jusqu'ici, le lien du civil vers la défense et de la défense vers le civil sera bien investigué. En revanche, cela permet de s'assurer du caractère utile au domaine de la défense des SCT qui seront étudiés. Afin de mener à bien le repérage des SCT la première étape consiste donc à définir l'environnement de connaissances défense.

L'environnement de connaissances défense :

L'environnement de connaissances défense est construit à partir des bases de connaissances des entreprises AAD. La proposition qui est faite ici est de considérer que les flux technologiques réalisés au sein d'une entreprise, dont la part de l'activité défense est minime, ne peuvent être considérés à la même échelle que les flux observés dans une entreprise où la défense représente la totalité (ou presque) de son activité. Cela revient, à la manière de L. Piscitello dans ses analyses sur la diversification des firmes, à pondérer les résultats de l'analyse des bases de connaissances des firmes par la part que représente l'activité défense dans le chiffre d'affaires de l'entreprise (Piscitello, 2000 et 2005). Cela

permet de donner une valeur plus importante aux liaisons technologiques réalisées dans une entreprise ou l'activité de défense est importante. Cette démarche permet de mettre en avant le caractère défense des liaisons technologiques spécifiques à l'activité de défense au sein des bases de connaissances des entreprises AAD.

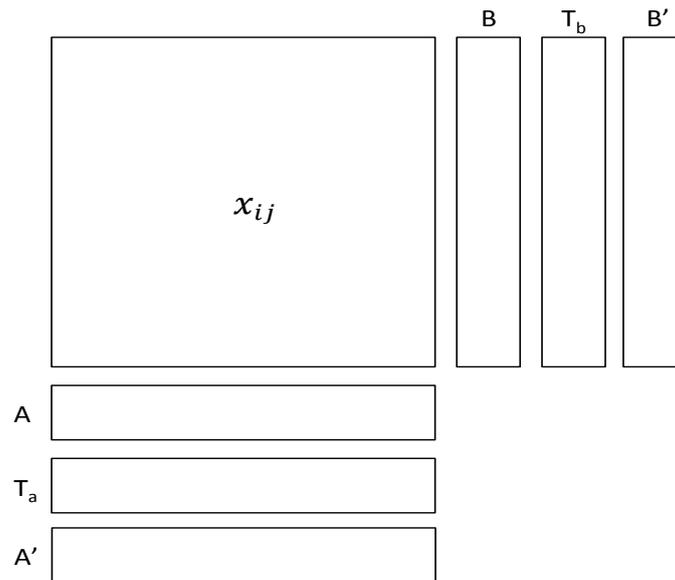
Pour respecter ce principe, la valeur de chacune des couches représentant la base de connaissances d'une entreprise AAD est pondérée par le pourcentage du chiffre d'affaires de chaque entreprise relative à l'activité défense. Pour cela, les données éditées par le SIPRI (SIPRI : *Top 100 companies data in a time series from 2002–14*) permettent de connaître cette part de chiffre d'affaires chez les cent plus grands industriels de défense et ainsi de pondérer les résultats (l'annexe 1 offre un tableau décrivant les données de ces entreprises AAD).

La matrice obtenue constitue alors une portion du système Input-Output global dont la proportion de la défense au sein de ces flux technologiques des entreprises AAD a été accentuée. Cette matrice des flux technologiques de défense représente par conséquent l'environnement de connaissances défense au sein duquel seront identifiés les SCT. La matrice comprenant l'ensemble des flux technologiques de toutes les entreprises sans pondération par la part du chiffre d'affaires dans quelque domaine que ce soit est la matrice des flux technologiques globale et correspond à l'environnement de connaissances global.

L'égalisation des marges :

Pour procéder au calcul de ces matrices, une ultime manipulation est nécessaire. Elle permet de pondérer les coefficients en fonction de la taille des pôles (la valeur d'un pôle déficitaire, c'est-à-dire citant d'avantage les autres CT qu'il n'est lui-même cité par elle, est diminuée).

Figure 22 : Le calcul des marges



D'abord, on note A le vecteur ligne $A = \sum_i x_{ij}$ et B le vecteur colonne $B = \sum_j x_{ij}$. Ensuite, on note T_a le vecteur de transfert $T_a = B - A$ si $B > A$, 0 sinon et T_b le vecteur de transfert $T_b = A - B$ si $A > B$, 0 sinon. Cette manipulation permet de garantir l'**égalité des marges** nécessaire à l'exactitude du calcul des coefficients (Lebert et el Younsi, 2015) Enfin, nous obtenons les deux vecteurs de marges $A' = A + T_a$ et $B' = B + T_b$. La valeur des coefficients technologiques est obtenue en divisant les x_{ij} par la valeur du vecteur B' correspondante. Le grand intérêt des vecteurs de transfert est de gérer les déséquilibres cognitifs qui peuvent exister entre les technologies et qui réduisent les influences émises ou reçues par les différentes technologies.

La construction de cette matrice des coefficients techniques autorise l'application de la théorie des graphes d'influence. Elle, permet de délimiter des SCT grâce à une procédure de clustering en fonction des interdépendances entre les pôles pris deux à deux.

Mesure des interdépendances et synergies :

Afin de mesurer les interdépendances entre les pôles d'une structure à l'aide de la TGI, une méthode a été développée par le passé (Lebert *et al.*, 2009), elle consiste en une analyse de robustesse dont le principe est de procéder par itération. L'idée est, en partant de la structure complète, de supprimer à chaque tour l'arc, qui une fois déduit de la structure, permet de maximiser l'interdépendance globale de la structure restante. Ainsi, le premier arc retiré est celui qui contribue le moins à l'interdépendance générale, alors que le dernier retiré est celui qui y contribue le plus. En classant ces arcs du dernier au premier, il est possible de reconstruire une structure mettant en avant les relations les plus fortes entre les pôles ce qui fait émerger des clusters.

Néanmoins, cette procédure est à la fois longue, fastidieuse et consomme beaucoup de ressources informatiques. En effet, à chaque itération, il faut tester la suppression de tous les arcs afin de définir lequel doit être supprimé. L'objectif est de proposer ici une procédure alternative permettant de faire émerger des interdépendances entre les pôles pour identifier des SCT.

Pour cela, au sein d'une structure, où l'autarcie est nulle⁷, une partition P est définie telle que : p_1 est une partie principale constituée de 2 pôles et p_2 une partie complémentaire constituée du reste de la structure à $n-2$ pôles. Alors, pour chacune des partitions P possibles, on peut montrer que la somme des interdépendances intra et inter-partie est supérieure ou égale à l'interdépendance générale de la structure.

En effet, avec l'interdépendance générale $I_G = 1 - D$ et d'après le théorème de la partition, la somme des interdépendances intra et inter-partie est égale à :

⁷ Cette restriction permet de simplifier les calculs et n'impacte pas les résultats quand il s'agit d'étudier les relations entre les pôles et non pas la nature des pôles.

$$\begin{aligned}
& \sum_i^2 (1 - D_{pi}) + D_{p1}D_{p2} - D \\
&= 1 - D_{p1} - D_{p2} + D_{p1}D_{p2} + (1 - D) \\
&= \prod_i^2 (1 - D_{pi}) + I_G
\end{aligned}$$

Or, étant donné que $(1 - D_{pi}) \geq 0$, alors :

$$\prod_i^2 (1 - D_{pi}) \geq 0$$

Donc, avec $I_G \geq 0$:

$$\prod_i^2 (1 - D_{pi}) + I_G \geq 0$$

Le surplus par rapport à I_G mesure une synergie S_P associée à une certaine partition P et correspond au poids des interdépendances internalisées dans les deux parties.

$$S_P = \prod_i^2 (1 - D_{pi})$$

Considérons deux cas :

Si on pose le cas où, les interdépendances au sein de la partie complémentaire sont nulles. Alors, la somme des interdépendances dans la partie principale $(1 - D_{p1})$ et les interdépendances entre les parties $(D_{p1} - D)$ est :

$$(1 - D_{p1}) + (D_{p1} - D) = I_G$$

De même, s'il n'y a aucune interdépendance au sein de la partie complémentaire, alors, la somme des interdépendances dans la partie complémentaire ($1 - D_{p2}$) et les interdépendances entre les parties ($D_{p2} - D$) est :

$$(1 - D_{p2}) + (D_{p2} - D) = I_G$$

Dans ces deux cas, il n'y a aucune synergie liée à la partition envisagée, et donc aucun surplus :

$$S_P = 0$$

Une synergie $S_P > 0$ correspond à une situation où il existe simultanément, pour une partition P , des interdépendances à l'intérieur des deux parties. Trouver les synergies S_P les plus fortes revient à trouver $1 - D_{p1}$ pondéré par $1 - D_{p2}$ le plus fort, *i.e.* les interdépendances dans la partie principale pondérée par les interdépendances dans la partie complémentaire les plus fortes.

L'intérêt de la méthode est de calculer, pour chacune des combinaisons de deux pôles, les synergies qu'elles engendrent en tenant compte, à la fois, des interdépendances entre ces pôles et des interdépendances dans le reste de la structure. Ainsi, toute chose égale par ailleurs, une combinaison de deux pôles qui nuit trop fortement au potentiel synergétique du reste de la structure (*i.e.* qui diminue fortement le score d'interdépendance de la partie complémentaire) obtiendra un score de synergie moins élevé qu'une autre combinaison qui préserve plus de circularité dans le reste de la structure. Cela permet d'octroyer les scores de synergies les plus fortes aux combinaisons de deux pôles les plus interdépendants qui ne cassent pas de circularité dans la partie complémentaire. Cela définit en plein de fortes synergies entre les deux pôles et en creux une préservation du potentiel synergétique dans le

reste de la structure. C'est ce score de synergie liée à une partition particulière qui permet de calculer un score de synergie deux à deux entre les pôles d'une structure.

2.2. Application aux flux de connaissances

Pour appliquer cette méthode à la définition des SCT, il suffit de l'appliquer à la matrice des coefficients technologiques de l'environnement de connaissances défense. Puis de calculer pour toutes les combinaisons de classes technologiques les scores de synergie tels qu'ils viennent d'être définis.

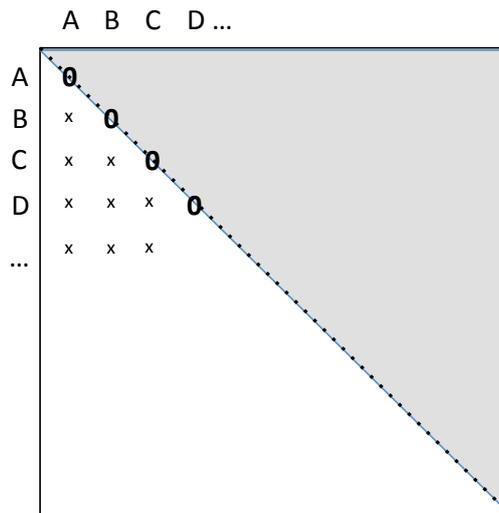
Matrice de proximité :

Afin de ne considérer que les technologies faisant partie du cœur de notre structure et ainsi d'éviter de prendre en compte, dans une trop grande mesure, les synergies associées aux *General Purpose technologies* par exemple (Bresnahan et Trajtenberg, 1995), nous décidons d'un seuil de coupe.

Pour cela, les scores d'interdépendance obtenus sont normés entre « 0 » et « 1 » ; le score de « 0 » représente la plus forte interdépendance entre deux pôles au sein de la structure et le score de « 1 » représente l'absence d'interdépendance. Sont alors obtenus des scores de synergie relative entre deux pôles. Donc, on ne retient que les interdépendances dont les scores sont inférieurs à un certain pourcentage du score maximum (l'interdépendance la plus faible). Par exemple, en choisissant un seuil de coupe à 35% ne sont sélectionnées que les synergies dont le score est inférieur à 35% du score le plus élevé.

Ces scores de synergie relative sont classés au sein d'une matrice symétrique. Elle s'interprète comme une matrice de distance dont les éléments de la diagonale sont égaux à 0.

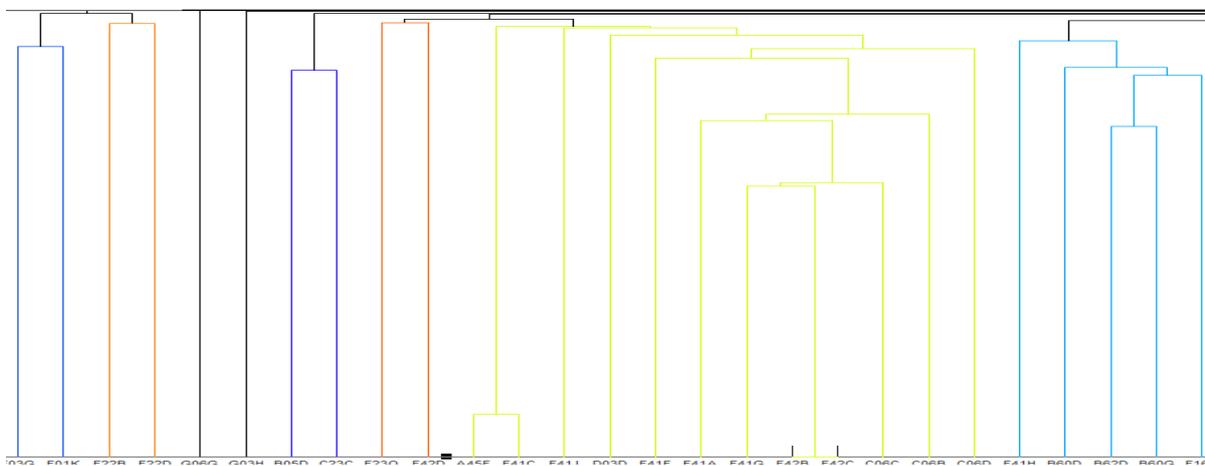
Figure 23 : Matrice de distance



Définition des SCT :

Cette matrice se représente graphiquement à l'aide d'un dendrogramme dont la figure 24 présente une fraction. C'est en étudiant ce dendrogramme qui représente les synergies entre les classes technologiques de l'environnement de défense que les SCT sont identifiés.

Figure 24 : Portion de dendrogramme



Afin d'obtenir les résultats les plus pertinents possibles, une procédure par itération successive a été choisie, chose rendue possible par les économies en ressources informatiques réalisées. Chaque itération correspond à un niveau de coupe. Plus le seuil de coupe est bas, plus le nombre de technologies incluses dans l'analyse est grand. Il est de plus en plus bas à mesure que plus de classes technologiques souhaitent être incluses dans l'analyse. Ici, le

niveau de coupe le plus fin choisi est de 35% du score maximum puis est diminué par tranche de 5% et finit, au niveau le plus fin, à un score de 1% (cf. annexe 2). D'une part, ceci permet de porter, en priorité, l'attention sur les synergies les plus fortes au sein de l'environnement de connaissances technologiques de défense (douze technologies au seuil de 35%). D'autre part, cela permet de visualiser les interdépendances qui se greffent aux premières à mesure que le nombre de technologies étudiées augmente. *In fine*, ces deux éléments permettent de choisir le niveau de coupe le plus pertinent pour chaque SCT. Dans une telle démarche, les SCT dont l'ensemble des synergies apparaissent au seuil de coupe les plus élevés sont les plus synergétique dans l'environnement de défense et donc ceux qui en sont le plus caractéristique.

L'application de la méthode a permis d'identifier 26 SCT sur la base des synergies observées au sein de l'environnement AAD entre 2010 et 2012. Ils recouvrent des domaines technologiques diversifiés qu'il convient de présenter avant de pouvoir en mesurer le potentiel dual dans les chapitres suivants.

Les SCT :

Ces 26 SCT sont répertoriés dans l'annexe 2, ils y sont classés en fonction de la force de leurs synergies, c'est-à-dire en fonction du niveau de coupe auxquels ils apparaissent. Le nom de chacun des SCT est donné à titre indicatif, il fait référence au domaine d'application le plus évident, mais tous les SCT peuvent par définition trouver des applications dans différents systèmes technologiques. Les 26 SCT sont :

Tableau 7 : Les SCT

SCT	Technologies	Numéro classe technologiques	Nombre de technologies
1	Missiles	F41F F41A F41G F42B F42C C06B C06C C06D	8
2	Armement*	A45F F41C F41J D03D F41F F41A F41G F42B F42C C06B C06C C06D	12
3	Réacteurs et turbines	F03B F16J F23C F02K F04D F01D F02C F23R F23D F23N F24H F02G	12
4	Véhicule de défense	F41H B60D B62D B60G F16F	5

5	Communication	G06Q G06F H04L H04B H04W H04J	6
6	Guidage	H01P H01Q G01S G01C G08G G05D	6
7	Aéronef	B64C B64D	2
8	Guidage à distance*	G06Q G06F H04L H04B H04W H04J H03H H01P H01Q G01S G01C G08G G05D	13
9	Drone*	H03G H03F H04M H03D H04K G05B G06N G06Q G06F H04L H04B H04W H04J H03H H01P H01Q G01S G01C G08G G05D B64C B64D	25
10	Drone de défense*	F41H B60D B62D B60G F16F H03G H03F H04M H03D H04K G05B G06N G06Q G06F H04L H04B H04W H04J H03H H01P H01Q G01S G01C G08G G05D B64C B64D	30
11	Pétrochimie	B01D B01J C07C C10G C10L C07B C01B	8
12	Pneumatiques	B29B B32B B29C B29D B60C C08K C08L C08F D02G	10
13	Train roulant du véhicule*	B29K B28B B29B B32B B29C B29D B60C C08K C08L C08F D02G D07B C08C B29L C08J C08G	16
14	Systèmes électriques	H02J H02M G05F H02P	4
15	Moteurs électriques*	H01M H02J H02M G05F H02P H02K F03D H02H B60L	9
16	Véhicule en général	B60W B60K F16H F16D B60T	5
17	Véhicule électrique*	H01M H02J H02M G05F H02P H02K F03D H02H B60L B60W B60K F16H F16D B60T	14
18	Optique, traitement des données images	G01N G01J H01S G02B G02F H04N G06K G06T	8
19	Electronique	H01L H05K H01R H02G	4
20	Capteurs*	G01N G01J H01S G02B G02F H04N G06K G06T G03B H01L H05K H01R H02G	12
21	Biochimie	C12M C12P C12N C12Q C07H C40B	6
22	Signaux lumineux	B60Q F21S F21V F21L F21Y	5
23	Aménagement du véhicule	A47C B60N B60R E06C	4
24	Travail des métaux	B21B C21D C22C C22F B22F	5
25	Moteur à combustion	F16N F01M F01L F02D F02B F02M F16K F01N	8
26	Travail des métaux	B23C B24D B24B B23F	4

Les SCT sont de deux catégories, la première est constituée des SCT simples, c'est-à-dire indépendants de tout autre SCT, la seconde regroupe des SCT complexes, c'est-à-dire

qu'ils sont composés de plusieurs SCT regroupés ensemble (toujours en fonction de la force des synergies). Ces deux niveaux de SCT permettent d'appréhender les synergies de connaissances à différents niveaux et ainsi offrira dans l'étude de la dualité une plus grande richesse d'analyse. Les SCT complexes sont notés d'une étoile dans le tableau ci-dessus, l'annexe 2 permet de visualiser simplement quels sont les regroupements qui constituent les SCT complexes.

Les SCT sont composés en moyenne de 9,2 technologies avec, un peu plus de 6,1 technologies pour les SCT simples et 16,3 technologies pour les SCT complexes. Comme attendu les SCT identifiés au plus haut niveau de synergie sont ceux dont la spécificité militaire est la plus forte (missiles et armement en général). Il n'est pourtant pas étonnant de trouver bon nombre de SCT dans des domaines de connaissances plus génériques tel que l'électronique, les systèmes de propulsion ou encore les véhicules. Les technologies fortement attachées au secteur aéronautique sont particulièrement représentées avec les SCT 3, 7, 9 et 10. Ceci provient du fait qu'un grand nombre des entreprises AAD associent aéronautique civile et défense, d'où la dénomination courante du secteur aéronautique défense. Néanmoins, ne pas se cantonner aux entreprises de ce secteur permet de mettre en avant une plus grande diversité technologique au sein des entreprises AAD.

Conclusion

La TDE et plus particulièrement la TGI offre un ensemble d'outils pour analyser une structure d'échanges. Appliqués à l'analyse des flux de connaissances matérialisés à partir des citations de brevets, ces outils permettent de mettre en évidence les relations de dépendance, d'interdépendance, et de dominance dans le processus de production de la connaissance.

Cette première application de ces outils à l'environnement de connaissances défense a permis de révéler des synergies associées à l'activité de défense au sein des entreprises. Les

26 SCT que cela a permis d'identifier constitueront le matériau de l'analyse du potentiel dual dans les prochains chapitres, à la fois, à l'aide d'une analyse de cohérence mais aussi en utilisant de nouveau les outils de la TGI.

Chapitre 4 : Evaluation du potentiel dual des Systèmes de Connaissances Technologiques grâce à une analyse en termes de cohérence

Introduction

Dans ce chapitre, l'analyse de la dualité portera sur la structuration des connaissances au sein des Systèmes de Connaissances Technologiques. Elle se fera par le biais d'une revue historique puis en étudiant les SCT au sein de deux environnements de connaissance distingués sur la base des données d'entreprises entre 2010 et 2012. L'objectif est d'étudier la manière dont les SCT se sont structurés, afin de comprendre comment cette organisation des connaissances internes aux SCT peut influencer leur potentiel dual. Cette étude du potentiel dual des SCT reposant sur la structuration des connaissances est un des principaux apports de cette thèse.

Pour cela ce chapitre enrichit l'approche d'un nouveau cadre d'analyse. Ce dernier ne porte plus sur l'influence que les connaissances exercent les unes sur les autres, mais sur la pertinence des associations de connaissances. Ce concept théorique dit de la **cohérence** émerge dans les années 1990 au travers des travaux de D.J. Teece, R. Rumelt, G. Dosi et S. Winter (1994) qui cherchent à comprendre la pertinence des stratégies de diversification des firmes en analysant la cohérence des associations de compétences que cela entraîne. Ces analyses de cohérence, qui portent ainsi à l'origine sur l'étude des compétences au sein des firmes, seront par la suite adaptées et enrichies dans le cadre de l'analyse des connaissances afin d'apprécier la **cohérence technologique** des firmes diversifiées (Piscitello, 2000), des secteurs industriels (Krafft *et al.*, 2011) ou encore de programmes technologiques (Cohen, 1997). Elles permettent de mieux comprendre la manière dont les connaissances se structurent

et la proposition de cette thèse est de comparer les différentes manières dont ces connaissances sont structurées pour étudier la dualité technologique des SCT.

Dans ce chapitre nous reviendrons ainsi d'abord sur les origines de la théorie de la cohérence et sur les fondements méthodologiques qui permettent les différentes mesures de la cohérence technologique. Dans la section suivante sont présentés et expliqués les indicateurs de la dualité développés à partir de cette théorie. Puis ils sont appliqués aux SCT de notre échantillon afin de proposer différentes échelles de la dualité portant sur leurs structures internes. Enfin, les résultats obtenus sont analysés.

1. La cohérence technologique

L'objectif de cette section est de présenter la théorie de la cohérence technologique puis d'introduire les principaux indicateurs qu'elle développe. C'est à partir de ces indicateurs que les différentes mesures de la dualité portant sur la structure interne du SCT sont développées par la suite.

1.1. Théorie des « liaisons » et cohérence

En économie, les origines de l'analyse de la cohérence sont à chercher dans la littérature portant sur la question de la diversification des firmes. Afin de mieux comprendre les stratégies de diversification des firmes, le concept de liaison ou « *Relatedness* » (Ansoff, 1957, 1965) fut développé. C'est à partir de ces liaisons qu'il est possible d'analyser la cohérence des portefeuilles d'activités, notamment technologique, des firmes. L'étude de ces liaisons allie deux dimensions complémentaires.

- D'abord, l'étude des liaisons entre les activités par le biais des relations fonctionnelles qui existent entre elles. Dans ce cas, ce sont les flux entre les activités qui sont pris en

compte et qui permettent de mesurer le lien (p.ex. Fan et Lang, 2000, Rondi et Vannoni, 2005).

- Ensuite, la liaison entre les activités en fonction d'un portefeuille de ressources communes à ces activités. Dans ce cas, ce sont des combinaisons de ressources qui déterminent la liaison ; les ressources considérées peuvent être « humaines » (p.ex. Farjoun, 1994), « technologies » (p.ex. Robins et Wiersema, 1995), etc. Ce sont ces analyses qui ont notamment donné lieu au développement des mesures de la cohérence (Teece *et al.*, 1994). Ces mesures sont ici appliquées à un type de ressource particulier : les connaissances technologiques. Ainsi, c'est en mesurant les liaisons entre les connaissances qu'est analysée, dans un premier temps, la cohérence technologie puis, dans un second temps, la dualité.

Diversification et dilemme exploration exploitation :

N. Foss et J. Christensen (2001) propose que la cohérence technologique d'une entreprise consiste à gérer efficacement un dilemme **exploration / exploitation** (J. March, 1991). Ce dilemme émane des différentes manières de profiter des connaissances existantes qui reviennent soit à exploiter des combinaisons technologiques connues soit à explorer de nouvelles opportunités. « *the essence of exploitation is the refinement and extension of existing competencies, technologies, and paradigms (...) The essence of exploration is experimentation with new alternatives.* » (*ibid*). Ce dilemme semble se résoudre dans le temps, les firmes commençant par explorer des opportunités avant d'exploiter les plus profitables (Fauchart et Keilbach, 2009). Ce dilemme apparaît alors comme structurant dans le cycle de vie d'une technologie.

Pour mieux comprendre l'intérêt de se référer à ce dilemme pour traiter de la cohérence des firmes, il convient de préciser la théorie de la diversification qui a permis de

développer ce cadre d'analyse en termes de cohérence. Elle trouve son origine dans les travaux de Penrose (1959), qui souligne que la performance des firmes ne dépend pas seulement du nombre des ressources dont elle dispose, mais aussi de l'articulation de ces ressources entre elles. Une activité est alors associée à une articulation de ressources. Or, différentes activités peuvent reposer sur des articulations similaires de ressources et ainsi donner lieu à des synergies entre les activités. C'est sur l'exploitation des synergies qui existent entre différentes activités liées entre elles que reposent les stratégies de diversification (Chandler, 1962 et Ansoff, 1965). Ainsi, la structure des ressources de la firme détermine le schéma de diversification le plus à même d'accroître ses performances. Il existe donc un certain nombre de firmes qui se diversifient de la même manière autour des mêmes profils de ressources liées entre elles.

Par ailleurs, Penrose souligne que cette diversification ne se fait pas nécessairement par le biais de produits déjà existants (exploitation de synergies entre deux activités déjà connues) et qu'elle passe aussi par la recherche d'opportunités nouvelles liées aux ressources dont elle dispose déjà (Penrose, 1959). En effet, le potentiel synergétique entre les différentes ressources n'est pas une information dont les entreprises disposent toujours *a priori*. Ce n'est parfois qu'après avoir testé des combinaisons de ressources qu'elles sont en mesure d'en connaître précisément le potentiel synergétique. La diversification des firmes passe donc par un arbitrage entre deux alternatives.

D'une part, elle peut être perçue comme un moyen d'optimiser **l'exploitation** des synergies déjà connues entre les ressources des entreprises, afin d'accroître les « liaisons » entre elles (Rumelt, 1974 ; Montgomery, 1979). D'autre part, elle peut être perçue comme **l'exploration** de nouvelles liaisons entre les ressources de la firme dont le potentiel synergétique n'est pas encore connu et qui mènent potentiellement à l'ajout de nouvelles activités (Nesta et Saviotti, 2005), ou qui, engendrant des coûts organisationnels prohibitifs,

sont abandonnées (Reed, 1991). Il semble donc qu'il existe un optimum de diversification lié à la nature des compétences que l'entreprise mobilise et associe (Montgomery, 1994).

Dans ce cadre théorique, comprendre les schémas de diversification des firmes constitue un enjeu. Or, suivant la théorie de Penrose, les firmes se diversifient en fonction de la liaison entre leurs ressources, autrement dit en fonction des synergies qui existent entre elles. Plus ces synergies sont fortes, plus elles incitent les firmes à suivre des schémas de diversification similaires. Les entreprises associent donc principalement des ressources porteuses de synergies. *In fine*, les activités les plus liées entre elles sont alors celles qui sont le plus souvent associées au sein d'une même firme (Ansoff, 1957, 1965). C'est ce qui relève de la logique d'exploitation. Les combinaisons de ressources plus « originales » relèvent de l'exploration de nouvelles combinaisons au potentiel synergétique indéterminé.

Le « mou technologique » :

Le concept de « mou » proposé par Penrose (1959) permet lui aussi de mieux comprendre cet arbitrage entre exploitation des liaisons existantes et exploration des liaisons dont le potentiel est incertain. Ce mou correspond à l'ensemble des liaisons possibles entre les ressources de chaque firme et qui ne sont pas forcément exploitées par la firme. Chacune peut puiser au sein de ce vivier soit afin d'y exploiter des combinaisons communément utilisées au sein des firmes, soit afin d'explorer des combinaisons inédites.

L. Dibiagio, et P. X. Meschi (2010) reprennent la terminologie de Penrose afin d'étudier non pas la diversification mais l'innovation technologique au sein des entreprises. Ils prennent comme hypothèse que le potentiel d'innovation, comme le potentiel de diversification, est lié à la capacité des firmes à puiser dans un « mou », technologique en l'occurrence. Le « **mou technologique** » concerne exclusivement les ressources en termes de connaissances et s'observe ainsi au sein de la base de connaissances des firmes. Il correspond

à l'ensemble des liaisons possibles entre les connaissances technologiques au sein d'une entreprise. Les architectures de connaissances potentielles qu'elles permettent de développer constituent, selon l'expression de Penrose, **une « structure d'opportunité » pour l'entreprise** (Cohendet et Gaffard, 2010, p.73). Cette structure d'opportunité détermine le potentiel d'innovation des firmes qu'il est donc possible d'étudier, au travers du dilemme exploration – exploitation.

Cohérence technologique :

La mesure de la cohérence des firmes est dérivée du concept de liaison tel qu'il vient d'être décrit. Plus une entreprise diversifiée articule entre elles des compétences couramment articulées entre elles plus cette firme est cohérente (Teece et al. 1994) car cela signifie que cette diversification est le fruit de l'exploitation des synergies entre des ressources complémentaires dont l'entreprise dispose. Il reste que, comme il vient d'être précisé, la mise en œuvre des liaisons est influencée par le processus dynamique du dilemme exploration - exploitation. Ainsi, le niveau de cohérence des firmes est lui-même influencé par ce tâtonnement durant le processus de diversification des firmes (Piscitello, 2000) Il en va de même pour la cohérence technologique durant le processus d'innovation.

Cela influence la manière dont est représentée la base de connaissances d'une entreprise, et ce en raison des deux propriétés majeures du processus de production des connaissances présentées dans la première partie : les aspects cumulatifs et co-relationnels (Krafft *et al.*, 2011).

Comme c'est le cas dans le modèle théorique de diffusion de la connaissance du chapitre 2, ces aspects sont appréhendés à l'aide de la typologie proposée par R. Henderson and K. Clark (1990), entre « La brique de connaissances » (*component knowledge*) et « L'architecture de connaissances » (*architectural knowledge*). Alors, si on considère la base

de connaissances d'une entreprise sous la forme d'un réseau, suivant cette typologie, on peut étudier la dynamique de ses mouvements à deux niveaux :

- Au niveau des nœuds : ils représentent « les briques de connaissances ». L'apparition ou la disparition de certains d'entre eux révèle pour une entreprise la décision de développer ou, au contraire, de cesser de développer certaines briques de connaissances.
- Au niveau des liens : ils représentent « les architectures de connaissances ». Les recombinaisons technologiques représentent les modifications dans l'architecture de connaissances technologiques d'une entreprise.

Dans ce cas il est possible d'étudier, tant du point de vue des « briques de connaissances » que de « l'architecture de connaissances », l'exploitation ou l'exploration technologique des firmes. Ceci revient à considérer, comme N. Foss et J. Christensen (2001), que la **cohérence technologique d'une entreprise s'apparente à une gestion dynamique du dilemme exploration - exploitation dont l'efficacité peut être mesurée** (J. March, 1991). Il devient alors possible de réinterpréter les analyses introduites par Teece *et al.* (1994) sur la cohérence. En s'appuyant en particulier sur des travaux développés depuis par L. Piscitello (2000, 2005), L. Nesta et P-P Saviotti (2005) et G. Bottazzi et D. Pirino (2010), il est ainsi possible de mesurer une cohérence technologique.

La dynamique entre exploration et exploitation s'appréhende en combinant deux perspectives complémentaires. D'un côté, une configuration théorique et, de l'autre côté, une configuration concrète des bases de connaissances. La configuration théorique correspond aux premiers travaux menés sur les mesures de la cohérence par D. Teece *et al.* (1994). Dans le cas de la cohérence technologique cela revient à considérer, qu'à l'intérieur d'une firme, les briques de connaissances peuvent s'articuler sans coûts les unes avec les autres. Néanmoins,

comme le précise P-P. Saviotti (2009) les scores de cohérence globale des firmes sont intimement liés à la représentation structurale de leurs bases de connaissances. Or cette représentation structurale théorique, prenant en compte toutes les liaisons possibles, ne permet pas de représenter la manière dont l'entreprise articule concrètement ses connaissances. En effet, deux entreprises manipulant les mêmes technologies et dans les mêmes proportions, mais en les associant de manière différente obtiendraient des scores de cohérence théorique identiques. L'architecture de connaissances n'est donc ici pas prise en compte.

La configuration concrète, en revanche, tient compte de cette architecture et retient l'articulation concrètement observable de la base de connaissances de l'entreprise (Nasiriyar *et al.*, 2013).

Les mesures de la cohérence :

Plus précisément, afin d'appréhender pleinement le dilemme exploration exploitation à l'aide des indicateurs de cohérence, d'autres configurations des bases de connaissances des firmes sont envisageables. Dans le cadre de cette thèse, afin d'étudier au mieux la dynamique des bases de connaissances et d'analyser la dualité technologique, **quatre configurations et donc quatre indicateurs de cohérence sont retenus** (El Younsi *et al.*, 2015).

- **L'indice de cohérence théorique ou cohérence totale, pour lequel toutes les liaisons possibles entre les technologies manipulées par l'entreprise sont prises en compte.** Cette cohérence se mesure par l'indicateur WAR – *weighted-average relatedness* – de D. Teece *et al.* (1994) adapté au contexte de la cohérence technologique par L. Nesta et P-P. Saviotti (2005). C'est l'indicateur : Cohérence Totale (CT) qui repose sur la configuration théorique de la base de connaissances.
- **L'indice de cohérence de voisinage, ou cohérence du « cœur », pour lequel seules les associations technologiques les plus fortes sont prises en considération.** Elles

forment ainsi un « arbre couvrant maximal ». Cet arbre couvrant maximal définit un cœur technologique relatif aux connaissances mobilisées par l'entreprise. Il dépend fortement de l'environnement technologique utilisé pour le définir (ce point sera détaillé dans la section suivante). Cet indice correspond à WARN – *weighted-average relatedness of neighbors* – chez D. Teece *et al.* (1994). C'est l'indicateur : Cohérence du Cœur (CC) qui repose sur une partie de la configuration théorique de la base de connaissances.

- **L'indice de cohérence observée, où seules les relations inter-technologiques concrètement observées entre technologies au sein de la base de connaissances sont prises en compte** (Nasiriyar *et al.*, 2013). C'est l'indicateur : Cohérence Observée (CO) qui repose sur une partie de la configuration concrète de la base de connaissances.
- **L'indice de cohérence « étendue », où l'on ajoute aux liens concrètement identifiés entre technologies au sein de la base de connaissances de la firme, l'ensemble des liaisons du « cœur » qui n'y figurent pas (CC).** C'est l'indicateur : Cohérence Etendue (CE) qui repose sur une combinaison entre les deux configurations des bases de connaissances.

1.2. Application à l'analyse des portefeuilles de brevets

Dans cette section nous ne reviendrons pas sur la justification de l'utilisation des données de brevets qui a déjà été abordée précédemment. En revanche, les choix méthodologiques sur la construction des bases de connaissances ainsi que les indicateurs originaux reposant sur l'analyse du dilemme exploration - exploitation à partir des données de brevets seront présentés. Ce sont ces indicateurs originaux qui seront manipulés afin de

fournir une évaluation du potentiel dual des SCT. Ils sont donc au cœur de la proposition de cette thèse.

Construction des matrices de cooccurrence :

A ce stade, il est important de justifier trois choix méthodologiques et de discuter de leurs implications. Ces choix sont les mêmes que ceux qui ont été faits par H. El Younsi *et al.* (2015).

Premièrement, à la différence de D. J. Teece *et al.* (1994) qui analysent les cohérences d'activité des entreprises, il est ici question de leur cohérence technologique. Les indicateurs de cohérence sont donc construits à partir des données de brevets. Néanmoins, à la différence de L. Bottazzi et D. R. Pirino (2010) par exemple, qui étudient les cohérences technologiques à l'aide des classes principales des brevets déposés à l'USPTO, le parti pris ici est d'étudier la production de connaissances de la manière la plus globale possible. C'est-à-dire en prenant en compte les brevets déposés au sein de l'USPTO, de l'EPO et de l'ensemble des offices de l'Europe des quinze. Il est donc impossible de retenir la notion de classe principale qui n'existe qu'au sein de l'USPTO. En conséquence, la construction des indices de cohérence utilisés par la suite ne se fait pas à partir des cooccurrences de ces classes principales au sein des entreprises, mais par le biais des **cooccurrences de l'ensemble des classes technologiques au sein des familles de brevets**⁸.

Ce sont ces cooccurrences qui permettent de mesurer la liaison entre les technologies. Ce choix fut aussi celui de L. Nesta et P-P. Saviotti (2005) et est apparu comme le plus pertinent car les brevets, et non les entreprises, constituent le niveau d'agrégation le plus fin pour étudier des cooccurrences technologiques. De plus, calculer des cohérences

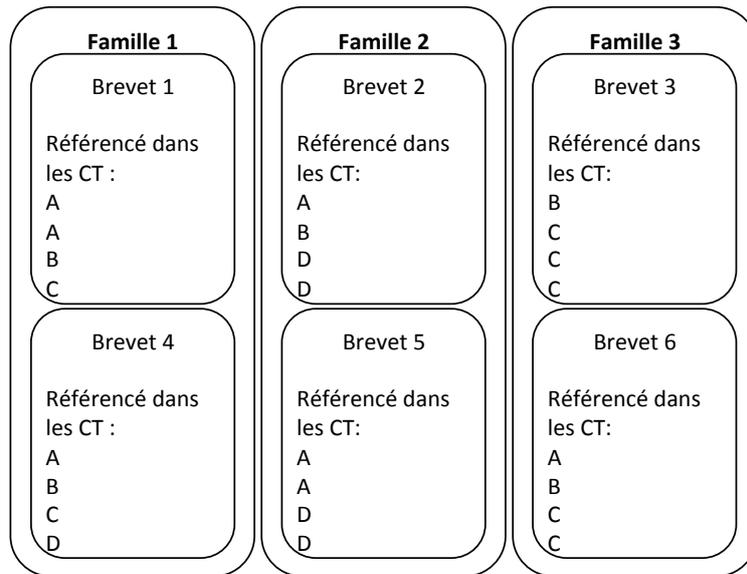
⁸ Comme il a déjà été dit, pour consolider ces familles les numéros ont été utilisés « d'INPADOC_FAMILY_ID » proposés dans la base PATSTAT qui permet de regrouper tous les brevets se référant directement ou par l'intermédiaire d'un brevet tiers au même brevet d'origine

technologiques à partir de l'ensemble des classes technologiques référencées par chacun des brevets agrégés au niveau des firmes aurait surévalué les liens technologiques ; certains conglomerats couvrant pratiquement l'intégralité des 632 classes. Il faut préciser que l'importance de chaque technologie au sein d'une famille de brevets est ici toujours la même qu'elle y soit référencée une seule fois, ou un nombre important de fois. Ceci revient à se fier à l'office le plus disant c'est-à-dire celui qui cherche à répertorier le plus exhaustivement possible l'ensemble des classes technologiques auxquelles une famille de brevets se rattache. Les cooccurrences sont ensuite comptabilisées, pour chaque année, sur la base de ces informations.

Deuxièmement, la méthode présentée par L. Nesta et P-P. Saviotti (2005) pour la mesure de la liaison entre les technologies est également reprise lors du calcul de la cohérence des firmes. C'est-à-dire que la cohérence de chaque firme est pondérée par le nombre d'occurrences de chaque technologie dans l'ensemble des références technologiques des familles de brevets qu'elle dépose. Ceci car le nombre d'occurrences des technologies au sein du portefeuille de familles de brevets d'une firme influence le nombre de liens possibles. Chaque technologie peut donc être recensée à plusieurs reprises, multipliant ainsi les liaisons technologiques possibles.

Cette comptabilisation des occurrences de classes technologiques est donc nécessaire afin d'éviter un biais de sous représentation d'une classe technologique au sein de la base de connaissances d'une firme ce qui reviendrait à sous-estimer le nombre de cooccurrences technologiques possibles au sein de cette firme. Ce nombre noté P_{ki} pour la technologie i dans l'entreprise K sert donc à pondérer les indices de cohérence de chaque firme. Ces deux éléments méthodologiques permettent de préciser la manière dont sont ensuite construites les matrices de cooccurrences qui sont à la base des indicateurs de cohérence.

Figure 25 : Les familles de brevets

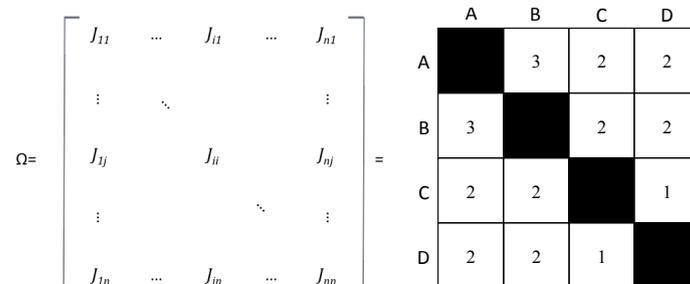


Afin de mieux comprendre, il convient de prendre un exemple. Pour cela il est nécessaire de considérer un ensemble de brevets constitué en familles au sein desquelles sont comptabilisées toutes les classes technologiques qu'ils réfèrent. La figure 25 représente trois familles de brevets composées chacune de deux brevets. Par exemple, la famille 1 référence ainsi trois fois la classe technologique A, la classe technologique B, la classe technologique C et la classe technologique D. Il y a donc six cooccurrences relatives à cette famille de brevets (AB, AC, AD, BC, BD et CD). Elles prennent toutes une valeur de 1 et ce indépendamment du nombre de fois où chacune des classes technologiques apparaît dans la famille.

Troisièmement, pour construire les matrices de cooccurrences à partir de ces données, les informations relatives à la diagonale de la matrice sont ignorées car seules les cooccurrences entre deux ressources différentes, ici deux connaissances différentes, sont nécessaires dans le cadre d'une analyse de cohérence. La matrice de cooccurrences comptabilise le nombre de fois où deux classes technologiques sont référencées dans un même brevet. Cette mesure du lien observé entre les classes technologiques i et j se note J_{ij} .

La matrice de cooccurrences Ω est donc une matrice carrée de dimension n , où n est le nombre de classes technologiques (dans cette thèse, $n = 642$). Les mesures correspondant à l'exemple précédent sont indiquées dans la figure 26.

Figure 26 : La matrice de cooccurrence



Les outils de la cohérence technologique servent donc à comprendre la manière dont, au sein d'une structure (un ensemble de brevets), les connaissances s'articulent (matrice de cooccurrences). **C'est en cela qu'ils sont des indicateurs portant sur la structure interne.**

Les indicateurs :

La construction des indices de cohérence se fait en deux étapes. D'abord, la mesure de la liaison technologique. Pour cela, un nombre « attendu » de cooccurrences entre les technologies est calculé à l'aide d'une loi hypergéométrique. La liaison (τ_{ij}) entre les technologies i et j dépend de la différence entre le nombre de cooccurrences constatées et le nombre attendu. Si (τ_{ij}) est élevé, *i.e.* si le nombre de liens J_{ij} observés entre les classes technologiques i et j est supérieur au nombre de liens attendus (μ_{ij}) les deux technologies sont liées. Plus la différence est grande et positive, plus la liaison entre elles est forte (Teece et al., 1994).

On a alors :

$$\mu_{ij} = E(X_{ij} = x) = \frac{O_i O_j}{B}$$

Où B représente l'ensemble des familles de brevets déposés ; $p_{bi} = 1$ si la famille de brevets référence la technologie i , 0 sinon ; $O_i = \sum_b p_{bi}$ le nombre total de fois où la technologie i est référencée parmi toutes les familles de brevets ; J_{ij} le nombre d'occurrences de l'association des technologies i et j est donc $J_{ij} = \sum_b p_{bi} p_{bj}$. Enfin, X_{ij} est une variable aléatoire hypergéométrique du nombre de familles de brevets associées aux technologies i et j (avec une population B , un nombre de réalisation O_i et un échantillon de taille O_j) dont la variance est égale à σ_{ij}^2 .

$$\sigma_{ij}^2 = \mu_{ij} \left(\frac{B - O_i}{B} \right) \left(\frac{B - O_j}{B - 1} \right)$$

Alors, le lien technologique se note :

$$\tau_{ij} = \frac{J_{ij} - \mu_{ij}}{\sigma_{ij}}$$

L'ensemble des liens entre les technologies est répertorié au sein d'une matrice des liaisons technologiques.

Ensuite, en considérant la base de connaissances de l'entreprise k représentée par un ensemble de familles de brevets, $p_{ki} = 1$ si la famille de brevets déposé par l'entreprise k référence la technologie i , 0 sinon. Avec P_k le nombre de classes technologiques dans lesquelles l'entreprise k est active. Un ensemble d'indicateurs est construit selon la même formule où la matrice adjacente $M_{ij}^{k, Indic}$ est utilisée afin de spécifier les relations technologiques retenues pour chacun d'entre eux.

$$Indic_k = \frac{1}{P_k} \sum_i C_{ki} \left(\frac{\sum_{j \neq i} \tau_{ij} M_{ij}^{k, Indic} P_{kj}}{\sum_{j \neq i} M_{ij}^k P_{kj}} \right)$$

Alors, $Indic_k \in]0, +\infty]$ désigne les indicateurs relatifs à l'entreprise k . Où, i la classe technologique comparée à l'ensemble des autres technologies produites par cette entreprise, τ_{ij} est l'indice de liaison technologique entre i et j , C_{ki} le vecteur des classes technologiques dans lesquelles l'entreprise est active et $P_{kj} = \sum_j p_{kj}$ correspond au nombre de familles de brevets référençant la classe technologique j possédée par l'entreprise k .

Les quatre indicateurs présentés précédemment se calculent donc de la manière suivante :

- Pour la Cohérence Totale CT_k : la matrice adjacente $M_{ij}^{CT_k}$ dont le format est $T \times T$, est une matrice de 1 dont la diagonale est composée de 0 elle prend en compte toutes les liaisons possibles entre les technologies manipulées dans la base de connaissances de l'entreprise k .
- Pour la Cohérence du Cœur CC_k : la matrice adjacente $M_{ij}^{CC_k}$ intègre la force des liens technologiques dans l'espace de production des innovations de l'entreprise. Alors que CC_k associe les technologies de l'entreprise en $t_k(t_k - 1)/2$ liens, il s'agit de toutes les associer en $t_k - 1$ liens seulement (i.e. dans un arbre) et en ne retenant que l'association – étant donné les valeurs τ_{ij} – qui produit la pondération totale de l'arbre la plus forte. Autrement dit, la définition de $M_{ij}^{CC_k}$ repose sur une procédure d'arbre couvrant maximal pondéré (*weighted maximum spanning tree*) et $M_{ij}^{CC_k} = 1$ si ij appartient à l'arbre couvrant maximal, 0 sinon.
- Pour la Cohérence Observée CO_k : la matrice adjacente $M_{ij}^{CO_k}$ rend compte des liens concrètement observés entre technologies au sein de la base de connaissances avec $M_{ij}^{CO_k} = 1$ si la liaison ij est effectivement observée au sein d'une des familles de brevets à la base de connaissances de la firme k , 0 sinon.

- Pour la Cohérence Etendue CE_k : la matrice adjacente $M_{ij}^{CE_k}$ rend compte des liens concrètement identifiés entre technologies au sein de la base de connaissances l'ensemble des liaisons du cœur $M_{ij}^{CE_k} = 1$ si la liaison ij est effectivement observée au sein d'une des familles de brevets à la base de connaissances de la firme k ou appartient à l'arbre couvrant maximal, 0 sinon.

Investigation du dilemme exploration exploitation :

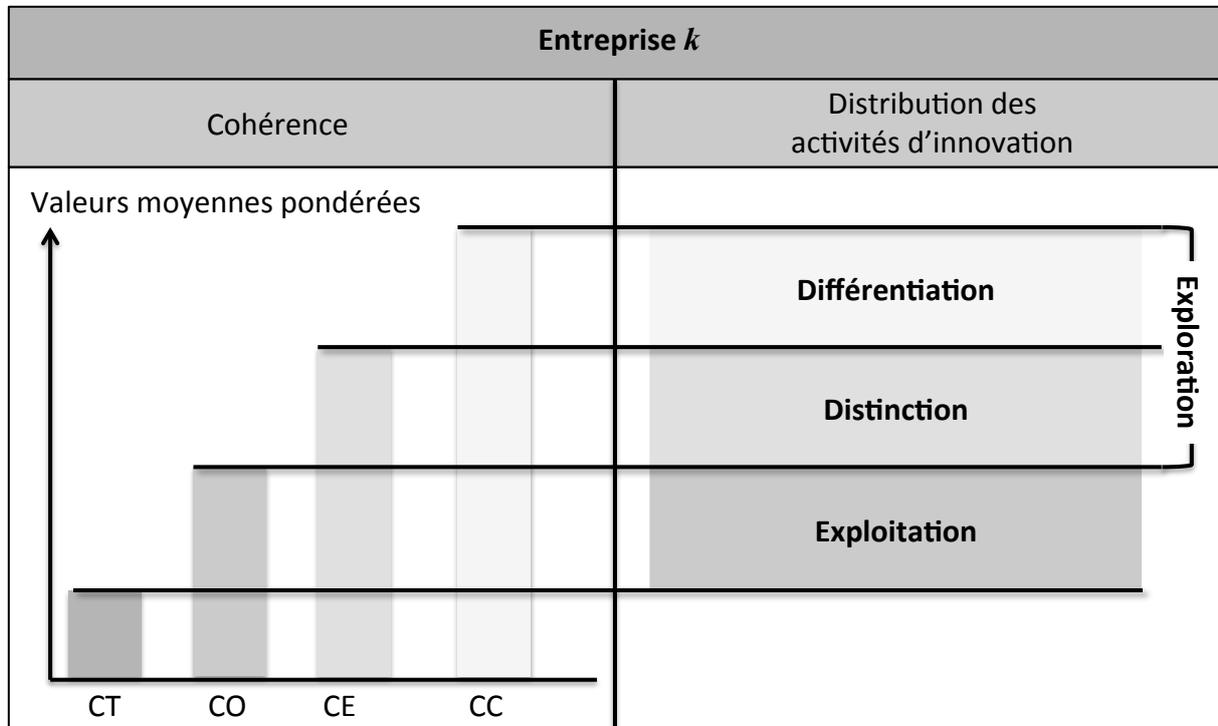
L'ensemble de ces indicateurs permet de mesurer l'importance des phénomènes d'exploitation et d'exploration au sein des bases de connaissances qui se décomposent ainsi (El Younsi *et al.*, 2015) :

- « Explorer d'étranges associations technologiques ». Ce ne sont pas celles que l'on retrouve le plus fréquemment dans l'échantillon des brevets. Ces liaisons constituent en ce sens un facteur de différenciation. Distinction et différenciation représentent l'exploration.
- « Ne pas exploiter des associations technologiques évidentes ». Elles se retrouvent souvent dans l'échantillon de brevets et l'on peut envisager qu'elles contribueraient « assez facilement » à créer de l'innovation localement. Ne pas les exploiter est en ce sens un facteur de distinction.

Concrètement cela se mesure par le biais d'écart entre les différents indicateurs présentés précédemment. Ils s'articulent dans une large majorité des cas comme la figure 26 les représente et permettent donc de définir quatre mesures qui seront par la suite utiles à l'établissement des indicateurs de la dualité. Ces mesures sont des ratios, chaque composante est définie comme une part de l'espace entre les deux bornes CT et CC qui définissent

respectivement le score minimum et le score maximum d'une base de connaissances dans la très large majorité des cas.

Figure 27 : Exploration et exploitation dans la base de connaissances d'une entreprise



- Mesure de l'exploitation : c'est l'écart entre la valeur de la cohérence totale et la cohérence observée. Cela correspond au score de cohérence des liens observés au sein de l'entreprise et qui font partie du cœur technologique. Autrement dit, c'est l'intégration des architectures de connaissances évidentes au sein de l'entreprise.

Le ratio d'exploitation se calcule donc comme :

$$Exploit_k = \frac{CO_k - CT_k}{CC_k - CT_k}$$

- Mesure de la différenciation : c'est l'écart entre la valeur de la cohérence du cœur et la cohérence étendue. Cela correspond au score de cohérence des liens observés au sein de l'entreprise et qui ne font pas partie du cœur technologique. Autrement

dit, c'est l'intégration d'architectures de connaissances originales au sein de l'entreprise. Le ratio de différenciation se calcule donc comme :

$$Diff_k = \frac{CC_k - CE_k}{CC_k - CT_k}$$

- Mesure de la distinction : c'est l'écart entre la valeur de la cohérence observée et la cohérence étendue. Cela correspond au score de cohérence des liens que l'entreprise n'exploite pas alors même qu'ils font partie du cœur technologique. Autrement dit, c'est la non intégration d'architectures de connaissances évidentes au sein de l'entreprise. Le ratio de distinction se calcule donc comme :

$$Dist_k = \frac{CE_k - CO_k}{CC_k - CT_k}$$

- Mesure de l'exploration : c'est l'écart entre la valeur de la cohérence du cœur et la cohérence observée. Cela correspond au score de cohérence des liens spécifiquement omis ou ajoutés par l'entreprise. Autrement dit, c'est ce qu'elle fait que les autres ne font pas, ou ce qu'elle omet de faire quand les autres le font abondamment. Le ratio d'exploration se calcule donc comme :

$$Explor_k = \frac{CC_k - CO_k}{CC_k - CT_k}$$

Ces quatre mesures portent bien sur la structure interne des SCT puisque c'est la manière dont les connaissances sont articulées entre elles qui sert à les calculer. Elles permettent d'observer, à l'intérieur d'une structure de connaissances, la part qui s'articule de manière originale et la part qui s'articule de manière commune. C'est en ça qu'elles sont utiles afin de comprendre la structure interne des SCT dans le but d'en étudier la dualité.

2. Echelle de la dualité portant sur la structure interne du SCT

Dans cette section, le lecteur découvrira comment les mesures qui viennent d'être présentées sont adaptées à l'étude de la dualité. Puis, les principaux résultats de l'application de ces indicateurs aux SCT identifiés précédemment sont exposés et discutés.

2.1. Les indicateurs

La partie précédente a permis de montrer que le SCT constitue un niveau d'analyse privilégié pour étudier les processus de diffusion de la connaissance. Ainsi, l'application des mesures de la cohérence à l'étude du processus dual de diffusion de la connaissance nécessite de passer de l'échelle de l'entreprise à celle du SCT. Puis, nous montrerons le rôle des environnements technologiques dans cette analyse avant de finalement présenter les indicateurs qui permettent de définir plusieurs échelles de la dualité interne des SCT.

Les SCT :

Comme cela a été mis en évidence dans la première partie, observer les processus de diffusion de la connaissance au niveau des SCT permet à la fois d'analyser la part relative aux briques de connaissances et celle relative aux architectures de connaissances tout en évitant de détailler précisément la structure des connaissances relative à un artefact technologique précis.

Pour appliquer les mesures de la cohérence à l'étude de la dualité, les indicateurs qui viennent d'être présentés doivent être transposés au niveau des SCT. Pour cela, au lieu d'étudier la base de connaissances d'une firme - c'est-à-dire au lieu de calculer ses scores de cohérence en fonction du nombre de brevets qu'elle dépose dans chaque classe à l'aide des quatre formules d' $Indic_k$ - ce sont les scores de cohérence des SCT qui sont calculés. Pour

cela, il suffit de considérer les SCT comme un ensemble de classes technologiques. Alors, la formule permettant de calculer les indicateurs devient :

$$Indic_s = \frac{1}{P_s} \sum_i C_{si} \left(\frac{\sum_{j \neq i} \tau_{ij} M_{ij}^{Indic_s} P_{sj}}{\sum_{j \neq i} M_{ij}^s P_{sj}} \right)$$

Ici, $Indic_s \in]0, +\infty]$ désigne les indicateurs relatifs au SCT s , avec, i la classe technologique comparée à l'ensemble des autres technologies produites par cette entreprise, τ_{ij} est l'indice de liaison technologique entre i et j , C_{si} le vecteur des classes technologiques dans qui composent le SCT et $P_{sj} = \sum_j p_{sj}$ correspond au nombre de familles de brevets référant la classe technologique j . Les matrices $M_{ij}^{Indic_s}$ sont construites de la même manière que pour les indices d'entreprise à la différence qu'elles sont construites sans périmètre d'entreprise.

Ainsi, toutes les mesures permettant d'appréhender le dilemme exploration-exploitation peuvent être calculées au niveau des SCT. Il est ainsi possible de mesurer dans quelle proportion les associations technologiques réalisées dans ces SCT relèvent de l'une ou l'autre des composantes identifiées ci-dessus. Cela permet dans une première approche de dresser un panorama historique de la structuration de ces SCT et d'en tirer les premières conclusions en termes de dualité.

Dans cette première approche, qui servira avant tout d'introduction aux échelles de la dualité développées par la suite, plus un SCT a des scores de cohérences (CC, CO, CE et CT) élevés plus il est *a priori* susceptible de détenir un potentiel dual. En effet, des scores de cohérence élevés pour un SCT signifient que les associations technologiques, telles qu'elles sont identifiées dans les quatre matrices adjacentes définies plus tôt et qui caractérisent chaque SCT, sont cohérentes, c'est-à-dire qu'elles sont plus largement répertoriées dans l'environnement de connaissances technologiques global que si ce dernier n'était que le

résultat d'un choix aléatoire (selon une loi hypergéométrique). Ainsi, cette large diffusion dans l'environnement de connaissances global des associations technologiques associées à un SCT donne à ce dernier de plus fortes chances de se diffuser (en raison des proximités cognitives que cela engendre selon le modèle théorique présenté en partie 1) et donc, de détenir un potentiel dual.

Néanmoins, cela ne suffit pas à explorer de manière suffisante la structure interne des SCT et surtout à comprendre les différences et les proximités qui existent entre la manière dont cette structure est manipulée dans le cadre d'une activité d'innovation de défense et dans une activité d'innovation civile.

Les environnements technologiques :

La représentation du SDI dans la première partie de cette thèse montre que l'observation du potentiel dual passe par l'identification des connaissances produites à l'intersection du domaine civil et du domaine militaire. Pour réaliser cette identification, il convient donc de qualifier la production de connaissances de défense ou civiles.

Pour cela sont constitués, d'une part, **l'environnement de connaissances défense** à l'aide des familles de brevets déposées entre 2010 et 2012 par les entreprises AAD de l'échantillon présenté au début de cette partie, et **l'environnement de connaissances global**, d'autre part, à l'aide de l'ensemble de toutes les familles de brevets déposées durant la même période tous déposants confondus. Ces deux environnements ont un rôle central dans le calcul des indicateurs qui doit être précisé.

D'abord, l'environnement de connaissances défense sert à percevoir les spécificités liées à l'activité de défense dans la structuration des liaisons technologiques au sein des SCT. Pour cela, il est nécessaire de poser l'hypothèse que l'agrégation de l'ensemble des brevets, familles de brevets déposés par les entreprises AAD crée **un effet de groupe**. Cela signifie

que le fait d'avoir réuni les entreprises AAD permet de concentrer au sein de ce groupe les liaisons technologiques qui ont un lien avec l'activité d'innovation dans ce domaine, autrement dit, les liaisons technologiques en rapport avec l'activité de défense sont sur représentées au sein de cet environnement de connaissances. Cela permet de calculer des scores de liaison technologique τ_{ij}^d captant la spécificité de l'activité de défense.

$$\tau_{ij}^d = \frac{J_{ij}^d - \mu_{ij}^d}{\sigma_{ij}^d}$$

Avec, J_{ij}^d le nombre des cooccurrences technologiques en i et j observées au sein des bases de connaissances des entreprises AAD, μ_{ij}^d le nombre de liens attendus dans l'échantillon des entreprises AAD et X_{ij}^d une variable aléatoire hypergéométrique du nombre de familles de brevets des entreprises AAD associées aux technologies i et j (avec une population B^d , un nombre de réalisation O_i^d et un échantillon de taille O_j^d) dont la variance est égale a $\sigma_{ij}^{d^2}$.

A l'aide de **cette valorisation des liaisons technologiques captant la spécificité de l'activité de défense**, il est donc possible de calculer pour chaque SCT, les indicateurs de cohérence dans la sphère défense ainsi que l'ensemble des mesures du dilemme exploration-exploitation relativement à cette spécificité défense de l'activité d'innovation captée dans les familles de brevets des entreprises AAD.

D'autre part, l'environnement de connaissances global correspond aux indicateurs tels qu'ils ont été présentés au début de cette section. Cet environnement n'est pas à proprement parler un environnement civil puisqu'il est construit à partir de l'ensemble de cooccurrences technologiques entre 2010 et 2012. Il aurait été hasardeux de construire un périmètre civil car les activités de R&D dans cette sphère couvrent l'intégralité des champs technologiques et le

caractère civil de leur innovation ne suffit pas à leur créer un effet de groupe suffisamment fort en comparaison des effets sectoriels par exemple. Alors il ne donne pas la valeur du lien civil, mais une valeur du lien technologique au-delà de toutes spécifications sectorielles ou industrielles de l'activité d'innovation. C'est ce qui sera nommé ici **la valeur générique de la liaison technologique.**

Ces deux éléments sont centraux dans l'analyse de la dualité proposée dans cette thèse car c'est en comparant les mesures dans l'environnement de connaissances défense et dans l'environnement de connaissances global que les indicateurs permettent d'évaluer le potentiel dual des SCT. **En effet, l'idée générale est qu'en comparant ce qui est spécifiquement cohérent dans le cadre d'une activité de défense à ce qui est globalement cohérent il est possible de capter ce qui est cohérent à la fois dans les deux ensembles révélant ainsi des proximités de connaissances présentant, par conséquent, un potentiel dual.**

Les échelles de la dualité portant sur la structure interne des SCT :

La construction des échelles de la dualité « interne » repose sur l'analyse des SCT à l'aide des indicateurs de cohérence. Cette dualité est qualifiée d'interne car les indicateurs de cohérence qualifient les liaisons technologiques réalisées à l'intérieur du SCT, c'est-à-dire entre les technologies qui le composent en opposition aux analyses en termes d'influence qui portent sur les relations entre le SCT et le reste de l'environnement de connaissances. Les échelles de la dualité sont construites à partir de cinq indicateurs. Ils reposent sur les indicateurs de cohérence mais aussi et surtout sur les mesures servant à sonder le dilemme exploration - exploitation qui sont utilisées.

Le premier indicateur interne s'attarde sur le cœur technologique des SCT. La philosophie de cet indicateur est de mesurer à quel point le cœur technologique du SCT est stable d'un environnement de connaissances à un autre, autrement dit d'un secteur à un autre.

Un cœur technologique qui ne change pas d'un environnement de connaissances à un autres signifie que les liaisons les plus fortes (les plus fréquentes) sont les même dans les deux environnements, c'est-à-dire, dans le cas présent, que ce soit des entreprises AAD ou non qui manipulent les technologies du SCT. Cet indicateur se nomme : **ID₁ : Dualité du cœur technologique.**

Pour un SCT, cette stabilité peut se mesurer par le biais d'un rapport entre le nombre de liaisons technologiques du cœur communes aux deux environnements de connaissances sur le nombre total de liaisons technologiques du cœur.

Formule :

Soit \mathcal{A}_s^i l'ensemble des $n - 1$ liaisons technologiques du cœur $\{t_1 \dots t_n\}$ présentes dans l'architecture du SCT_s relativement à l'environnement $i \equiv \{D, G\}$ où D est l'environnement de connaissances des entreprises AAD et G l'environnement de connaissances global.

Alors, \forall_s :

$$ID = \frac{\#(\mathcal{A}_s^D \cap \mathcal{A}_s^G)}{n - 1}$$

Le second indicateur s'intéresse particulièrement à l'architecture de connaissances des SCT. La philosophie de cet indicateur est de regarder, au-delà du cœur technologique, la manière dont les connaissances sont concrètement articulées dans les deux environnements, puis de mesurer la cohérence de cette articulation. Si, pour un SCT, la cohérence observée au sein de l'environnement de connaissances défense (qui est une partie de l'environnement de connaissances global) représente une faible part de la cohérence observée dans l'environnement global, cela signifie que l'architecture de connaissances qui supporte ce SCT se retrouve en dehors des entreprises AAD, autrement dit qu'elle n'est pas spécifique à cette

activité et donc duale. Cet indicateur se nomme : **ID₂ : Dualité d'architecture de connaissances.**

Pour un SCT, cette diffusion de l'architecture de connaissances peut se mesurer par le **rapport des cohérences concrètes relatives à deux environnements.**

Formule :

Soit CO_s^i la cohérence observée du SCT_s dans l'environnement $i \equiv \{D, G\}$ où D est l'environnement de connaissances des entreprises AAD et G l'environnement de connaissances global.

Alors, \forall_s :

$$ID = \frac{CO_s^G}{CO_s^D}$$

Le troisième et le quatrième indicateur se concentrent sur la part de l'exploration au sein des SCT. La philosophie de l'un est de mesurer à quel point l'architecture de connaissances d'un SCT ne repose pas sur le cœur technologique de l'environnement de connaissances défense. Si cette architecture de connaissances n'est pas spécifique au cœur technologique des entreprises AAD, cela signifie qu'elle ne leur est pas spécifique et donc duale. Cet indicateur se nomme : **ID₃ : Dualité d'exploration.**

Pour un SCT, la non spécificité peut se mesurer par le ratio d'exploration relatif à un environnement.

Formule :

Soit CO_s^D la cohérence observée, CT_s^D la cohérence totale et CC_s^D la cohérence du cœur du SCT_s dans l'environnement de connaissances des entreprises AAD.

Alors, \forall_s :

$$ID = \frac{CC_s^D - CO_s^D}{CC_s^D - CT_s^D}$$

La philosophie de l'autre est de mesurer à quel point l'architecture de connaissances est figée dans les deux environnements de connaissances révélant un niveau de stabilité similaire dans le système technologique et ainsi, de mesurer dans quelle proportion les entreprises AAD et les autres acteurs de l'innovation peuvent simultanément explorer de nouvelles combinaisons technologiques au sein d'un SCT et ainsi en reprenant l'expression de Cowan et Foray gagner du temps en termes de calendrier et d'événements (Cowan et Foray 1995). Cet indicateur se nomme : **ID₄ : Dualité d'exploration combinée.**

Pour un SCT, la simultanéité dans les efforts d'exploration peut se mesurer par le rapport des ratios d'exploration relatifs à deux environnements.

Formule :

Soit CO_s^i la cohérence observée, CT_s^i la cohérence totale et CC_s^i la cohérence du cœur du SCT_s dans l'environnement $i = \{D, G\}$ permettant de calculer le ratio d'exploration du SCT_s au sein de l'environnement de défense.

Alors, \forall_s :

$$ID = \frac{(CC_s^D - CO_s^D)/(CC_s^D - CT_s^D)}{(CC_s^G - CO_s^G)/(CC_s^G - CT_s^G)}$$

Enfin le cinquième indicateur s'attarde plus spécifiquement sur la part de la dualité portant sur les briques de connaissances isolées. La philosophie de cet indicateur est de mesurer à quel point les briques de connaissances sont assimilées dans l'environnement de connaissances défense sans pour autant développer une architecture de connaissances

spécifique. Si une brique de connaissance est isolée et pareillement isolée dans l'environnement de connaissances défense et dans l'environnement de connaissances global cela indique que son intégration n'a pas nécessité le développement d'une architecture de connaissances spécifique aux entreprises AAD. Autrement dit que l'architecture de connaissances de ce SCT ne repose pas sur le cœur technologique des entreprises AAD et qu'elle joue par conséquent un rôle marginal dans l'intégration des briques de connaissances de ce SCT dans le secteur de la défense. Cet indicateur se nomme : **ID_s : Dualité de briques de connaissances isolées.**

Pour un SCT, le caractère secondaire de cette architecture de connaissances peut se mesurer par **le rapport du ratio de distinction dans l'environnement de connaissances restreint sur le ratio de distinction dans l'environnement global.**

Formule :

Soit CE_s^D la cohérence des liaisons technologiques concrètes auxquelles sont ajoutées les liaisons avec les technologies du cœur qui ne sont pas exploitées. A l'aide des éléments précédemment définis, il est possible de calculer le ratio de distinction relatif aux deux environnements au sein du SCT_s .

Alors, \forall_s :

$$ID = \frac{(CE_s^D - CO_s^D)/(CC_s^D - CT_s^D)}{(CE_s^G - CO_s^G)/(CC_s^G - CT_s^G)}$$

Afin de créer une échelle de la dualité capable de hiérarchiser les SCT sur chacune de ces composantes de la dualité, tous les indicateurs sont normalisés entre 0 et 1. Cela facilite la comparaison des SCT lorsqu'il s'agit de prendre en compte l'ensemble de ces dimensions à la fois.

Formule :

$$D_i = \frac{(ID_i) - \min (ID_i)}{\max (ID_i) - \min (ID_i)}$$

Ces cinq indicateurs constituent les échelles de la dualité portant sur la structure interne des SCT. Ils composent les outils qui permettent dans ce chapitre d'en étudier le potentiel dual et, comme le modèle théorique le préconise, ils n'abordent pas cette question de manière binaire, mais définissent **un continuum de la dualité technologique**. Ils reprennent les notions **d'architecture et de briques de connaissances**, pour mettre en avant **des proximités technologiques** entre l'environnement de connaissances défense et le reste de l'environnement de connaissances ce qui constitue la base du modèle présenté dans le chapitre 2. La dualité est évaluée à l'aune d'une forme d'équilibre entre la défense et le civil, les profils déséquilibrés qui peuvent donner lieu à des retombées technologiques ne sont ainsi pas assimilés à de la dualité.

2.2. Analyse de la dualité des SCT

Il s'agit à présent d'appliquer les mesures de la dualité interne aux 26 SCT et d'analyser les résultats.

Description des données de cohérences pour la période 2010 – 2012 :

Statistiques descriptives relatives aux mesures de la cohérence :

Tableau 8 : Les statistiques de cohérence

Indicateurs	Environnement de connaissances global			Environnement de connaissances défense		
	Moyenne	Ecart type	Médiane	Moyenne	Ecart type	Médiane
Cohérence Totale	27,39	23,15	24,42	5	3,48	3,94
Cohérence du Cœur	135,67	43,29	116,31	25,21	6,04	22,43
Cohérence Observée	29,41	23,27	25,81	6,97	4,34	5,49
Cohérence Etendue	29,42	23,27	25,82	7,01	4,37	5,52
Ratio d'exploration	0,98	0,02	0,99	0,9	0,05	0,92
Ratio d'exploitation	0,02	0,02	0,01	0,1	0,05	0,08
Ratio de distinction	0,097780	0,052646	0,084170	0,000087	0,000178	0,000022
Ratio de différenciation	0,98	0,02	0,99	0,9	0,05	0,91

D'abord, en ce qui concerne les scores de cohérence : comme attendu, ils sont plus faibles dans l'environnement de connaissances défense que dans l'environnement de connaissances global, ceci en raison du fait que la défense constitue une petite partie de l'environnement global. Par ailleurs, les scores de cohérence suivent bien la hiérarchie indiquée précédemment ce qui permet les mesures du dilemme exploration – exploitation (figure 26).

Ensuite, en ce qui concerne justement le dilemme exploration - exploitation : comme attendu les scores d'exploitation sont plus élevés en moyenne dans l'environnement de connaissances défense. Ceci vient du fait que les SCT ont été sélectionnés en raison de leur influence dans les entreprises AAD ce qui signifie que ce sont des connaissances couramment manipulées par ces entreprises. Elles ont par conséquent de plus fortes chances d'être mises en relation dans les familles de brevets que les entreprises AAD déposent et donc d'appartenir

au cœur technologique de l'environnement de connaissances défense et donc d'y accroître l'exploitation.

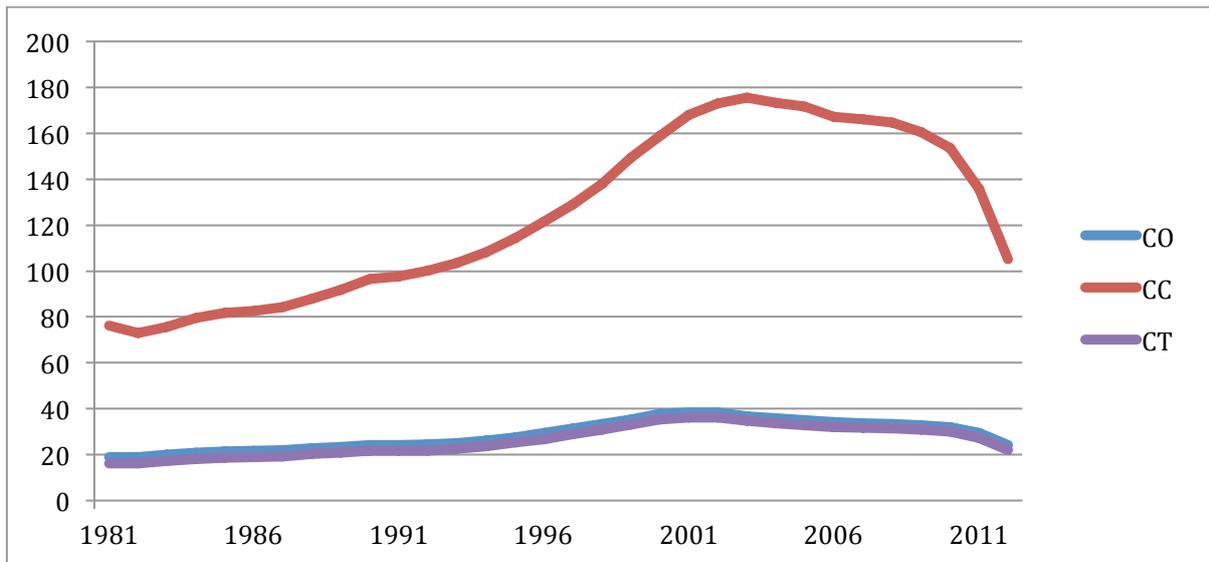
Contexte dual des SCT sur longue période (1980 – 2013) :

Tableau 9 : Les statistiques descriptives des mesures de la cohérence de 2010 à 2012

Indicateurs	Moyenne	Ecart type	Médiane
Cohérence Totale	26,15	7,29	25,46
Cohérence du Cœur	123,89	37,10	118,68
Cohérence Observée	28,54	7,13	27,96
Cohérence Etendue	28,55	7,13	27,97
Ration d'exploitation	0,03	0,01	0,03
Ration d'exploration	0,97	0,01	0,97
Ratio de distinction	0,00017	0,00012	0,00015
Ratio de différenciation	0,97	0,01	0,97

Sur cette période aussi, les scores de cohérence respectent la hiérarchie présentée dans la section précédente. Par ailleurs, si le ratio d'exploration tel qu'il a été défini domine structurellement la répartition des activités d'innovation au sein des firmes, son caractère prépondérant est ici renforcé. Ceci en raison de la constitution des SCT à partir de l'analyse d'un domaine d'innovation (l'activité de défense) relativement marginal en termes de dépôts de brevets.

Figure 28 : Evolution des scores de cohérence moyens des SCT



La figure 28 montre une augmentation régulière des scores de cohérence des SCT dans l'environnement global jusqu'au début des années 2000, s'en suit une période de légère régression qui s'accélère en toute fin de période. Cette accélération est due à la diminution du nombre de données disponibles (les brevets de la dernière période n'étaient pas tous disponibles lors de l'élaboration de cette thèse). Pour cette raison, sur cette dernière période, aucune conclusion ne peut être tirée sur les niveaux des scores de cohérence, seuls les rapports entre ces scores à la base des analyses du dilemme exploration exploitation sont exploitables.

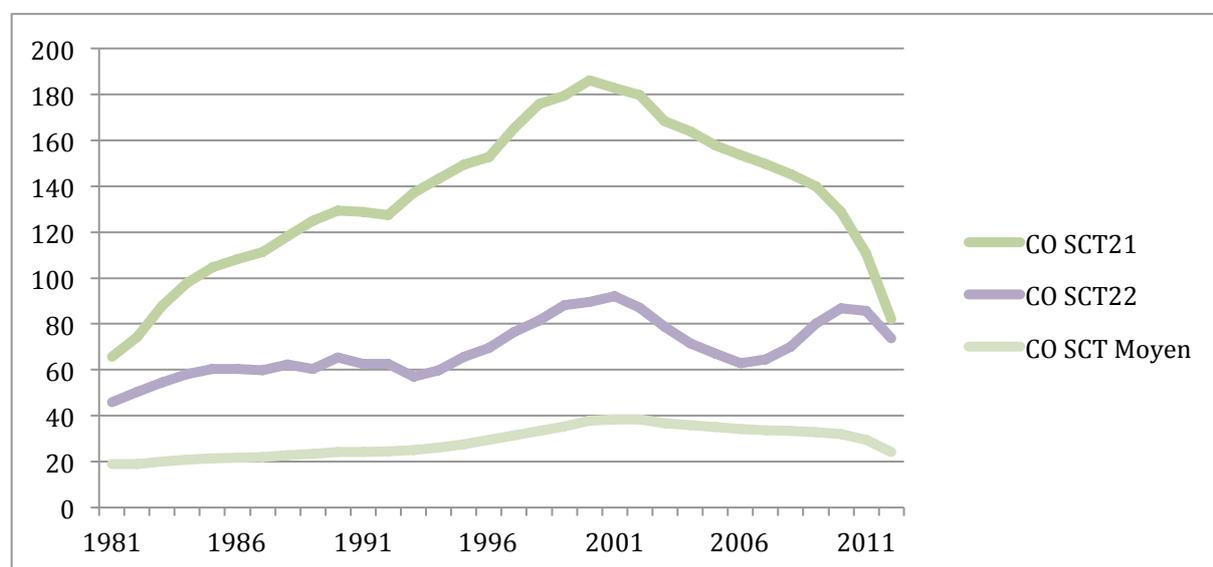
Il semble que cette première analyse montre globalement, une augmentation de la cohérence des SCT. Cela signifie une augmentation du nombre de fois où les liaisons technologiques relatives à ces SCT apparaissent dans l'environnement global, ce qui, au regard de ce qui a été dit précédemment, laisse supposer que le potentiel dual de ces SCT aurait un impact plus fort aujourd'hui qu'il y a 30 ans en raison de la plus grande diffusion de leurs architectures de connaissances dans l'environnement technologique global. Néanmoins, ce premier résultat est loin d'être concluant. En effet, l'augmentation de la valeur des scores de cohérence observée est une tendance générale. Elle se retrouve au-delà des SCT étudiés ici,

et s'explique simplement par l'augmentation des références technologiques dans les brevets engendrant ainsi l'augmentation des combinaisons technologiques observées (Rapport IPTS 2017). De plus, ces SCT ayant été identifiés à l'aide de données relatives aux années 2010 - 2012, il semble logique qu'ils correspondent au paradigme technologique en cours durant ces années et que, par conséquent, leur cohérence soit relativement plus élevée à cette période que ce qu'elle a pu être par le passé. Enfin, une analyse plus approfondie des données montre une grande disparité d'un SCT à un autre, ce qui permet d'identifier plusieurs groupes de SCT à l'évolution bien distincte ce qui s'avère plus intéressant.

Afin d'étudier ces disparités, analyser les scores de cohérence observée semble le plus approprié car ils donnent une information réellement exploitable sur l'architecture de connaissances associées aux SCT.

Evolution des cohérences des SCT :

Figure 29 : Cohérences observées (1)



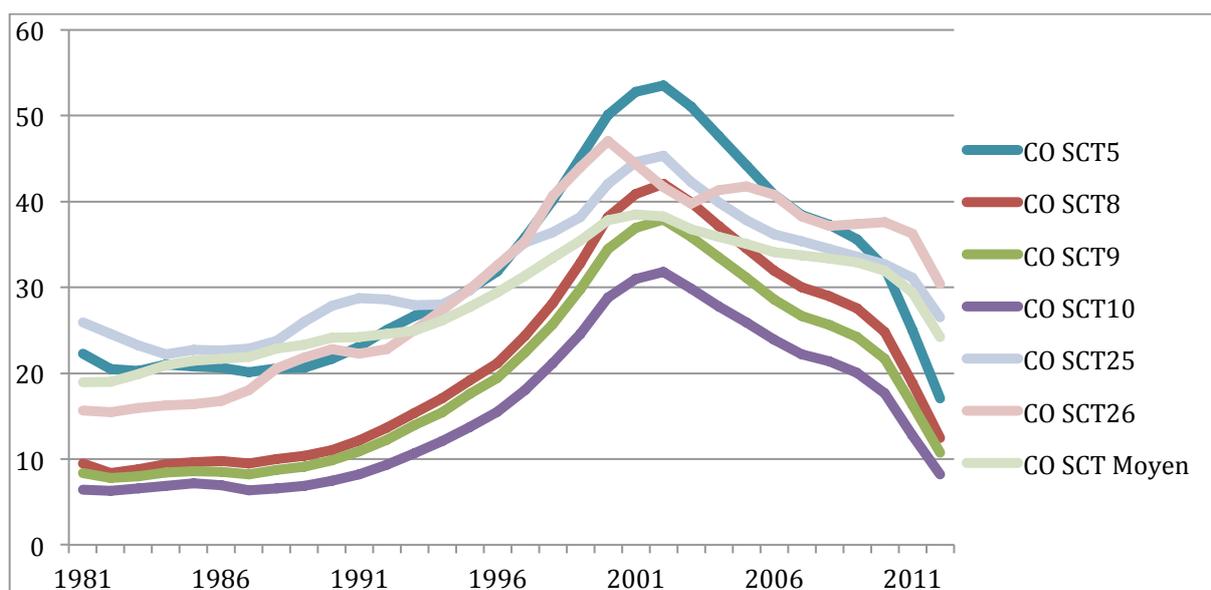
La figure 29 montre l'évolution des scores de cohérence observée des SCT 21 et 22 entre 1981 et 2012. Ces deux SCT (chimie organique et signaux lumineux) sont les seuls à présenter des scores de cohérence largement supérieurs à la moyenne. Pour expliquer cela, il

convient tout d'abord de noter que ces SCT sont relativement périphériques dans les entreprises (*cf.* Introduction chapitre). Ils ne sont, par conséquent, pas très marqués par l'influence de cette activité, ce qui peut expliquer des niveaux de cohérence supérieurs à ceux de SCT plus marqués par les spécificités de l'innovation de défense.

De plus, ces deux SCT sont concentrés autour de classes technologiques qui, dans la classification à 3 chiffres, sont confondues (C12 pour le premier et F21 pour le second) alors que les autres SCT sont plus diversifiés même dans le cadre d'une classification à trois chiffres. Les connaissances des SCT 21 et 22 sont donc institutionnellement reconnues pour être liées les unes aux autres, ce qui explique qu'il soit cohérent de les associer. Enfin, il semble que, pour les SCT 21 associés à la chimie organique, un effet sectoriel joue. Assurément, d'autres études menées au sein de l'UEA (Rapport IPTS, 2017) mettent en évidence un niveau de cohérence structurellement élevé dans le secteur de la chimie.

Ces deux SCT sont donc constitués autour d'architectures de connaissances très cohérente, et peuvent donc, si elles se retrouvent dans les entreprises AAD, être porteuses de potentiels duaux dont la diffusion dans l'environnement de connaissances global serait facilitée et d'autant plus large que les technologies relatives à la chimie ou aux équipements électriques sont parmi les plus répandues dans le paysage technologique global (IPTS 2016).

Figure 30 : Cohérences observées (2)

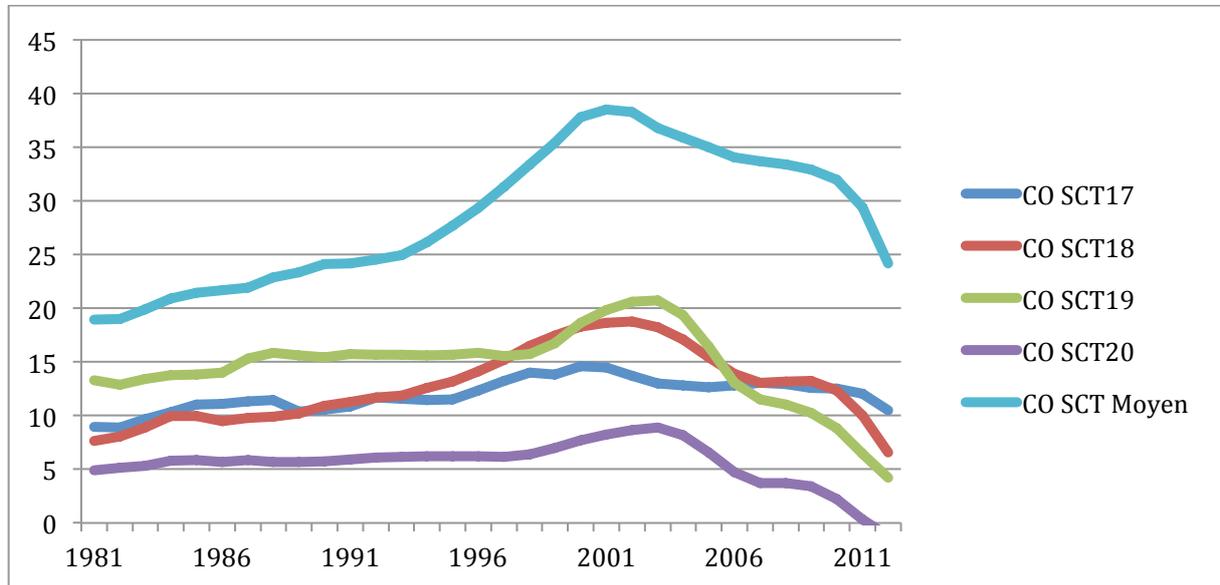


La figure 30 représente la seconde catégorie de SCT caractéristique de l'échantillon. Il se compose de 3 situations distinctes. D'abord, il y a un groupe de SCT dont les scores de cohérence observée sont impactés par le SCT05, qui associe des connaissances dans la transmission et la gestion de l'information. Ce sont les SCT 8, 9 et 10. Ensuite, le SCT 25 qui correspond à des connaissances liées aux moteurs à combustion. Enfin, le SCT 26 regroupe des connaissances technologiques sur le travail des métaux.

Ces trois ensembles, s'ils concernent des situations très différentes, ont des scores de cohérence qui se caractérisent tous par un retournement de tendance au début des années 2000. Ce retournement de tendance à cette période peut correspondre à une rupture dans la manière dont l'innovation correspondant à ces connaissances est produite (Zyla, thèse non soutenue à la rédaction de cette thèse). Cela semble particulièrement structurant pour les SCT8, 9 et 10 qui sont associés aux technologies qui entrent dans la composition des drones et qui sont des SCT centraux pour les entreprises AAD (*cf.* Introduction Partie). Cette rupture qui peut se comprendre comme un changement de paradigme technologique peut avoir un impact sur le potentiel dual de ces SCT. En effet, il peut avoir engendré un décalage entre la

sphère privée et la sphère civile, si ce nouveau paradigme ne s'est pas développé dans les deux domaines, ce qui réduirait les possibilités d'interaction entre les deux sphères.

Figure 31 : Cohérences Observées (3)



La troisième catégorie apparaît dans la figure dans 31 et répertorie les SCT dont les scores de cohérence observée se situent en dessous de la moyenne et ce, de manière stable sur toute la période. Les SCT concernés sont, d'une part, le SCT17 qui correspond à une association de connaissances relatives aux véhicules électriques et les SCT 18, 19, et 20 dont les classes technologiques sont utiles à la mise au point de capteurs.

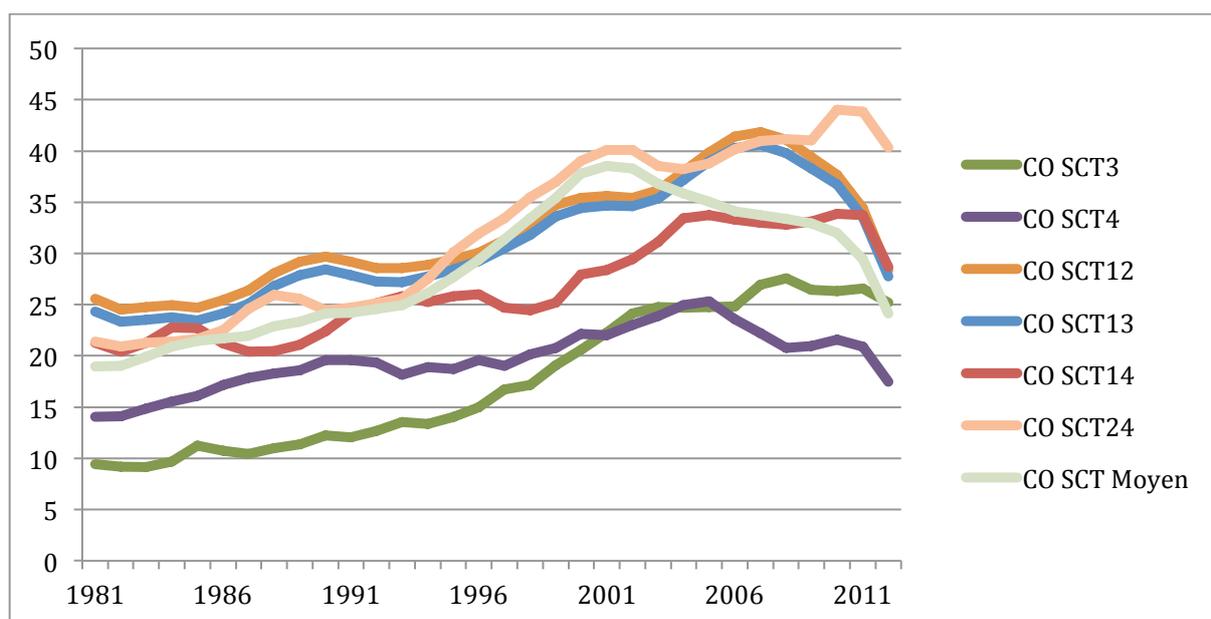
Il est aisément concevable que le SCT 17 corresponde à un niveau de cohérence relativement faible. En effet, si le véhicule autonome a fait une percée ces dernières années, ce type de véhicule reste encore très largement minoritaire (0,59% des ventes en France selon le Comité des Constructeurs Français d'Automobiles, CCFA, en 2014). L'innovation dans les véhicules thermiques favorise d'autres liaisons technologiques. Les technologies, par exemple présente dans le SCT 16, relatives aux véhicules en général, sont souvent associées au sein de familles de brevets avec des technologies relatives aux moteurs thermiques. Etant donnée la manière dont sont calculés les scores de cohérence, la présence de classes technologiques du

véhicule sans qu'elles soient associées au moteur électrique réduit la cohérence des liaisons technologique du SCT de façon mécanique.

Concernant les SCT 18, 19 et 20, l'explication est moins évidente. Toutefois, les faibles scores peuvent s'interpréter comme une certaine diversification dans l'utilisation des capteurs. En effet, ces derniers entrent aujourd'hui dans la composition des très nombreux artefacts technologiques allant du drone au véhicule autonome en passant par les instruments médicaux. La cohérence des liens technologiques entre ces capteurs est par conséquent fortement liée à l'utilisation qui en est faite ; elle est alors impactée par des spécificités technologiques sectorielles. Ainsi, les capteurs sont manipulés au travers d'une certaine architecture de connaissances dans l'industrie automobile qui n'est pas la même que dans l'industrie médicale ce qui réduit la cohérence globale des SCT 18 19 et 20 consacrés aux capteurs en général.

La faiblesse de ces scores ne permet pas de conclure sur le potentiel dual de ces SCT. Néanmoins, ils révèlent que les architectures de connaissances qui les soutiennent sont relativement moins dominantes que celles des autres SCT. Ainsi, le potentiel dual qui sera mesuré dans la section suivante aurait, à score équivalent, un impact moins important en termes d'architecture de connaissances que le potentiel dual dans les SCT 21 ou 22 par exemple.

Figure 32 : Cohérences Observées (4)



La dernière catégorie de SCT s'illustre dans la figure 32. Elle regroupe un ensemble dont les scores de cohérence ont eu tendance à croître sans connaître le retournement des années 2000. Il y a d'abord les SCT 3 et 4 qui sont très caractéristiques du secteur industriel aéronautique défense car ils regroupent des connaissances qui se retrouvent spécialement, d'une part, dans la conception de missiles et, d'autre part, dans la conception des réacteurs. Leurs scores ont cru sur cette période sans pour autant atteindre des niveaux très élevés. Ces architectures de connaissances se sont donc renforcées mais leur spécificité au secteur aéronautique défense limite leur diffusion ce qui explique que ces scores restent relativement bas et limite l'impact global du potentiel dual de ces SCT.

Ensuite, viennent les SCT 12, 13, 14 et 24 qui correspondent à des connaissances entrant dans la composition des pneus, des trains roulants des véhicules, des systèmes électriques en général et le travail des métaux. Leurs scores ont quant à eux cru jusqu'à dépasser la moyenne des autres SCT rendant d'autant plus facile la diffusion des connaissances qu'ils comprennent (grâce à des architectures de connaissances dominantes) et favorisant ainsi l'impact de leurs potentiels duaux.

Résultats des scores des SCT :

Sur la période 2010 – 2012 durant laquelle, compte tenu des données disponibles, il est possible de distinguer un environnement de connaissances défense et un environnement de connaissances global, l'ensemble des indicateurs de la dualité sont calculés pour les 26 SCT identifiés.

Les résultats complets de tous les SCT sont disponibles dans l'annexe 3. Ils sont présentés sous forme de « radar » à 5 axes, chacun représentant un des indicateurs de la dualité.

La position relative des SCT entre 2010 et 2012 :

Tableau 10 : Statistiques descriptives des indicateurs de dualité interne

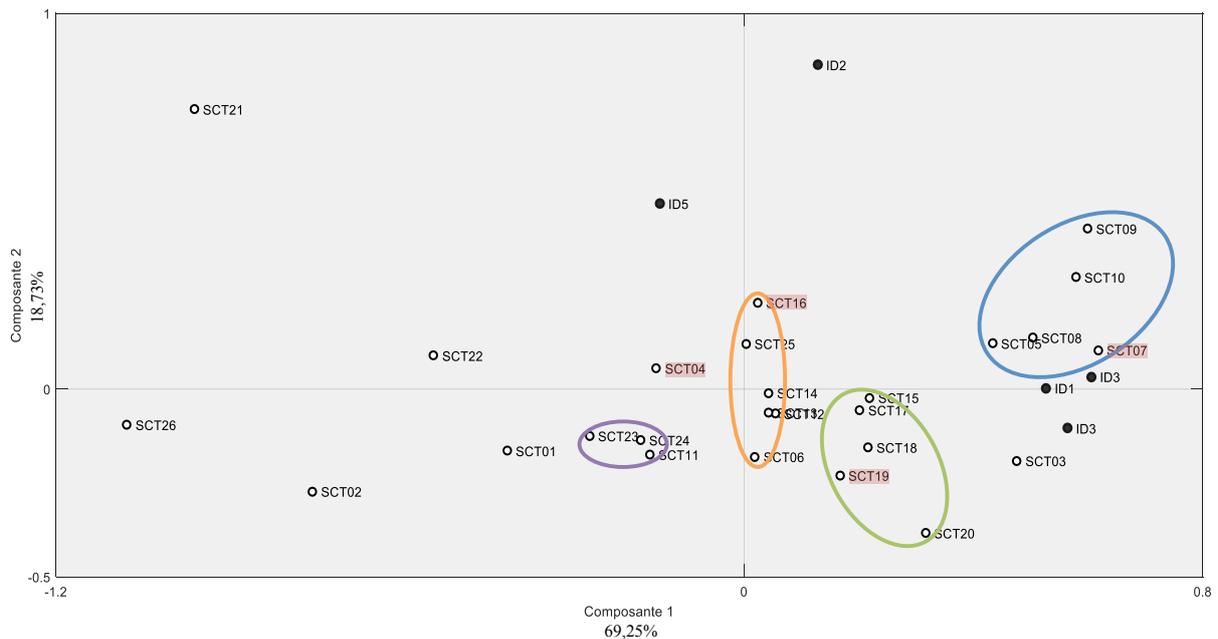
Indicateurs	Moyenne	Ecart-type	Médiane
Dualité du cœur technologique	0,524700948	0,254876466	0,527914947
Dualité d'architecture de connaissances	0,476099783	0,228257014	0,432710157
Dualité d'exploration	0,665278565	0,286538019	0,739354998
Dualité d'exploration combinée	0,686236981	0,262697637	0,725907504
Dualité de brique de connaissance	0,080901836	0,191510277	0,038412929

Afin d'appréhender plus facilement les résultats une Analyse en Composante Principale réalisée à partir des scores de dualité des 26 SCT, a permis de distinguer plusieurs profils. Ces profils correspondent à une réalité car, d'une part, l'ACP explique près de 90% des scores et, d'autre part, les profils apparaissent logiques vis-à-vis de la composition des SCT (les SCT proches sur la carte le sont aussi dans leurs compositions).

La composante 1 paraît fortement structurée autour des SCT les plus synergétiques pour les entreprises AAD et des indicateurs de dualité ID1, ID3 et ID4 alors que la

composante 2 explique essentiellement ID2 et ID5 et le SCT21. La composante s'associe par conséquent plus fortement au rôle que joue le cœur dans les indicateurs de la dualité ce qui conduit à retrouver proche de cet axe les SCT les plus centraux ; alors que la composante 2 prend le SCT dans son ensemble et par conséquent agrège les SCT secondaires pour la défense.

Figure 33 : Analyse en Composante Principale : positionnement relatif des SCT



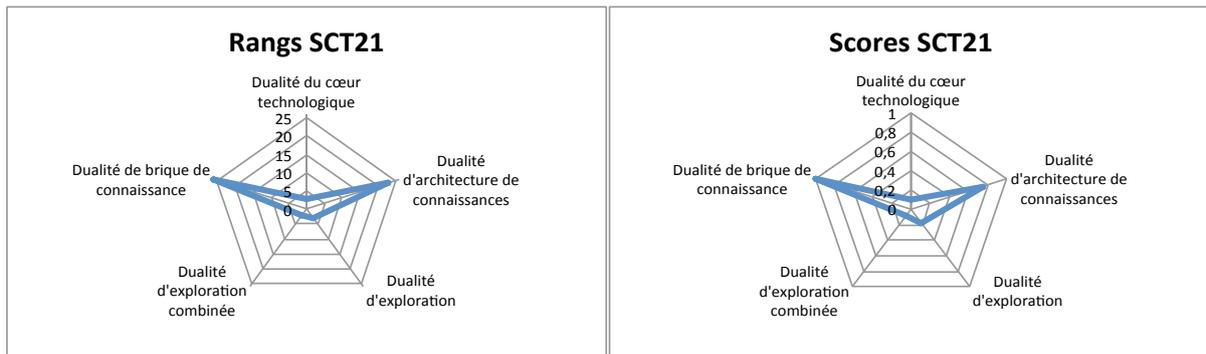
Tout d'abord, sur cette représentation, les SCT 21, 26 et 3 structurent l'espace. Ils présentent des profils avec un fort déséquilibre entre la sphère défense et la sphère civile ce qui explique que le partage de la connaissance entre les deux environnements ne s'apparente pas à de la dualité mais à une autre forme de partage plus proche du paradigme des retombées en accord avec la différenciation théorique présentée dans le chapitre 1. Ensuite, cette représentation permet de distinguer quatre principaux profils de dualité dont chacun présente une certaine unité technologique :

- **Profil 1 : potentiel dual maîtrisé**
- **Profil 2 : potentiel dual émergent**

- **Profil 3 : potentiel dual de production industrielle**
- **Profil 4 : potentiel dual marginal**

Les SCT structurants et cas particuliers :

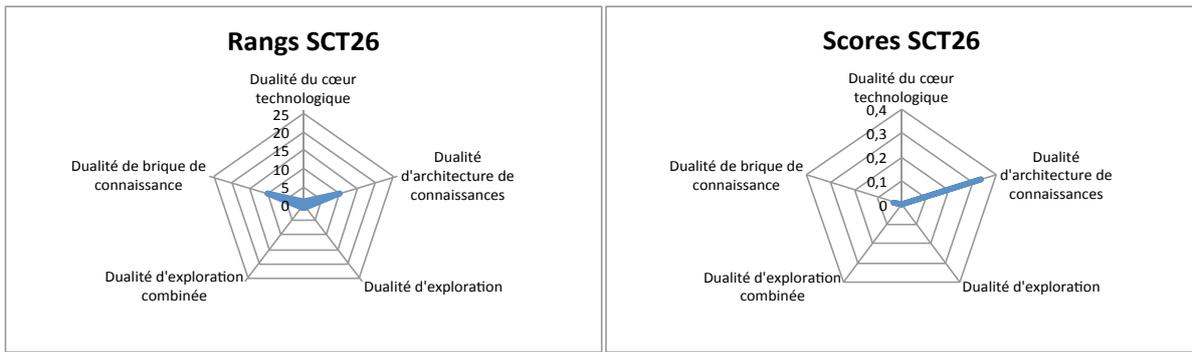
Figure 34 : Rangs et scores des indicateurs de dualité du SCT 21



D’abord, les deux SCT qui bordent les scores de dualité par le bas. Le SCT 21 présente des scores tout à fait caractéristiques avec une forte dualité d’architecture de connaissances et une forte dualité des briques de connaissances. Ce profil particulier s’explique par le fait que ce SCT est celui dont le score de cohérence observée est le plus élevé. Ainsi, l’architecture de connaissances étant fortement associée à ce SCT, elle est reprise tant dans l’environnement de connaissances défense que dans l’environnement de connaissances global sans qu’elle fasse pour autant partie du cœur technologique des entreprises AAD. Ceci engendre des scores de dualité d’architecture de connaissances et de briques de connaissances élevés. La position particulière de ce SCT semble donc s’expliquer par le rôle périphérique que joue la défense dans un SCT, par ailleurs, très structuré.

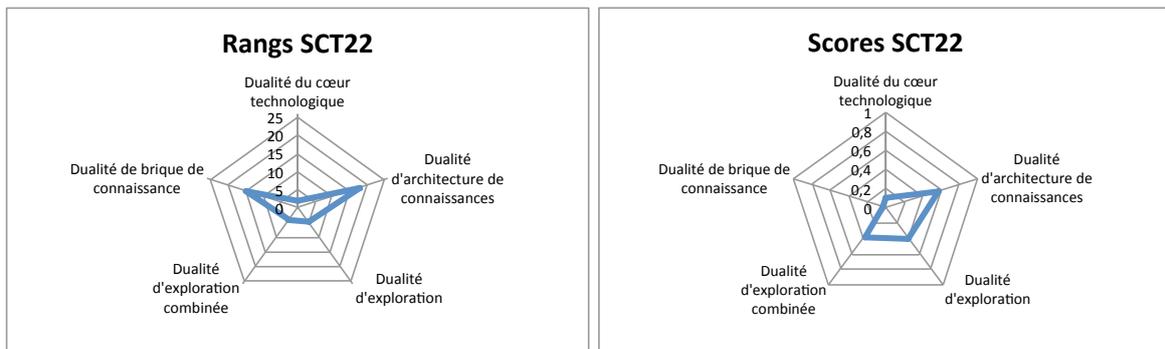
Le potentiel dual de ce SCT, concernant essentiellement des briques de connaissances intégrées à l’aide d’une architecture de connaissance largement partagée au-delà de la sphère défense. Associé au caractère peu central de ce SCT, il semble que ce potentiel dual peut être qualifié de **potentiel dual périphérique**.

Figure 35 : Rangs et scores des Indicateurs de dualité du SCT 26



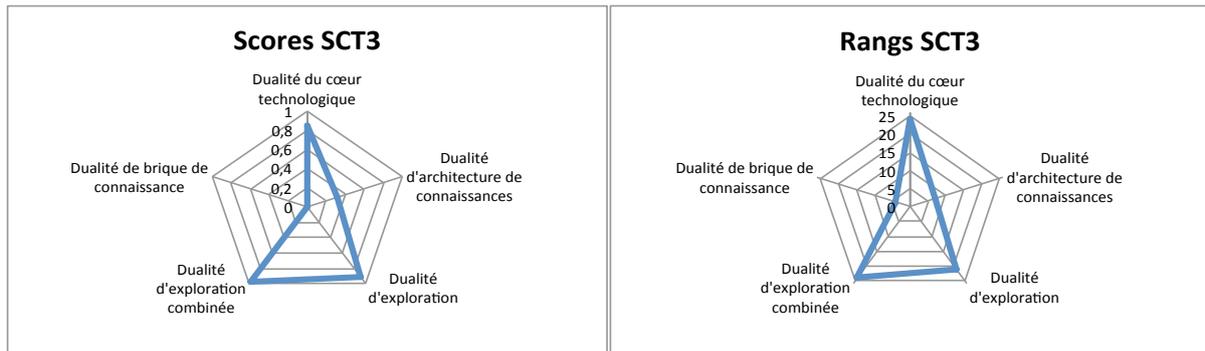
Le SCT 26 quant à lui se différencie avec des scores faibles dans tous les domaines et particulièrement pour les indicateurs ID 1, ID 2 et ID 3. C'est le SCT globalement le moins dual de l'échantillon. Ceci est lié au caractère périphérique de ce SCT dans l'environnement défense (les synergies les moins fortes au sein des entreprises AAD *cf.* introduction Partie 2). C'est pourquoi les entreprises AAD participent peu à la production de connaissances qui lui est associée. C'est le cas typique d'un ensemble de connaissances utiles à l'industrie de défense mais pour lesquelles, les entreprises AAD profitent de la production de connaissance en provenance des autres secteurs industriels afin de les intégrer à leur propre production. Une situation qui s'apparente **aux absorptions technologiques** (*spin-in*) plutôt qu'à la dualité. Le potentiel dual est donc **inexistant**. La notion de *spin-in* correspond à l'idée que plutôt que de faire profiter au secteur civil d'innovation de défense ce sont les innovation civiles qui profitent au domaine militaire (Alic *et al.*, 1992 ; Galbraith, 2004).

Figure 36 : Rangs et scores des Indicateurs de dualité du SCT 22



Le SCT 22 se trouve quant à lui dans une situation intermédiaire au deux précédentes. Il présente des scores faibles, comme pour le SCT 26, et essentiellement tirés par la dualité des briques de connaissances et d'architecture de connaissances comme pour le 21. Son potentiel dual semble donc périphérique voir inexistant lui aussi.

Figure 37 : Rangs et scores des Indicateurs de dualité du SCT 3



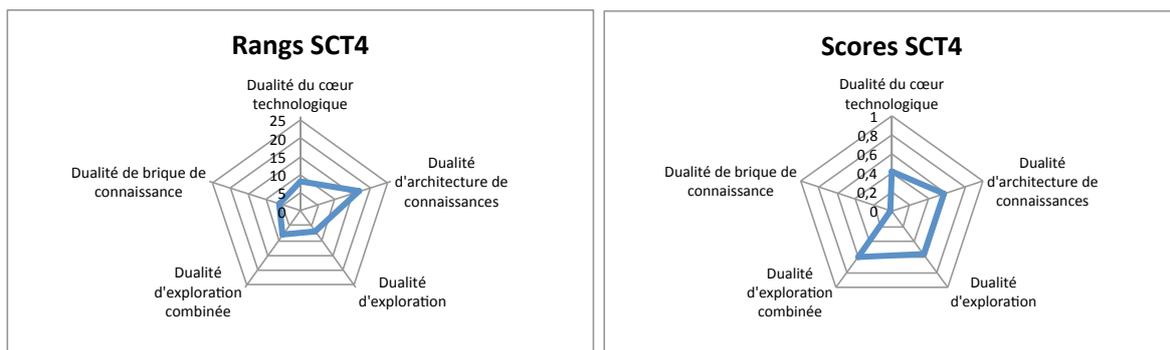
Ensuite, le SCT 3 se situe quant à lui à l'opposé de la représentation et présente des scores de dualité très élevés sur le cœur technologique, sur l'exploration et sur l'exploration combinée. Ce SCT, qui regroupe des connaissances relatives à la mise au point des réacteurs d'avion, est en effet bien plus central pour les entreprises du secteur aéronautique défense qui composent l'essentiel des entreprises AAD de l'échantillon étudié. Cela explique que ces entreprises soient motrices dans l'articulation de ces connaissances et que par conséquent l'architecture de connaissances qui s'y rattache fasse partie de leur cœur technologique. Par ailleurs, la prévalence des entreprises AAD explique que le cœur technologique au sein de l'environnement global et au sein de l'environnement défense soit similaire. De même, ce SCT occupe une place particulière au sein des indicateurs de dualité liés à l'exploration en raison de l'importance qu'il représente pour le secteur de la défense.

Le cas de ce SCT est donc tout à fait opposé aux deux précédents car les entreprises AAD y jouent un rôle primordial dans le cœur technologique tandis que le reste de l'environnement global est « suiveur ». Ceci explique que la dualité de briques de

connaissances y soit très faible car, les briques de connaissances y sont assemblées en fonction du cœur technologique. En revanche, le faible score de dualité d'architecture de connaissances montre qu'il existe au-delà du cœur technologique des entreprises AAD d'autres architectures de connaissances cohérentes auxquelles l'activité de défense ne semble pas fortement participer.

Dans le cas du SCT 3 la dualité semble correspondre à un modèle de « **dualité intégrée** » où les entreprises AAD font valoir une maîtrise technologique au-delà des frontières de la défense tout en s'insérant en parfaite harmonie avec le paysage technologique civil dans le cadre d'une application technologique précise et parfaitement maîtrisée celle de moteur pour le secteur aéronautique.

Figure 38 : Rangs et scores des Indicateurs de dualité du SCT 4



Enfin le SCT 4 présente un profil particulier. Son potentiel dual semble faible, avec des scores plutôt médiocres partout, excepté pour l'architecture de connaissances où le potentiel est plus élevé. Ce profil particulier peut s'expliquer par les technologies qui composent le SCT. En effet si presque toutes ses technologies sont des technologies génériques liées au véhicule, l'une d'elle est en revanche très marquée par l'activité de défense en se rattachant aux technologies de blindage, de tourelle, ou encore de camouflage. C'est donc certainement l'architecture de connaissances liée aux technologies génériques qui

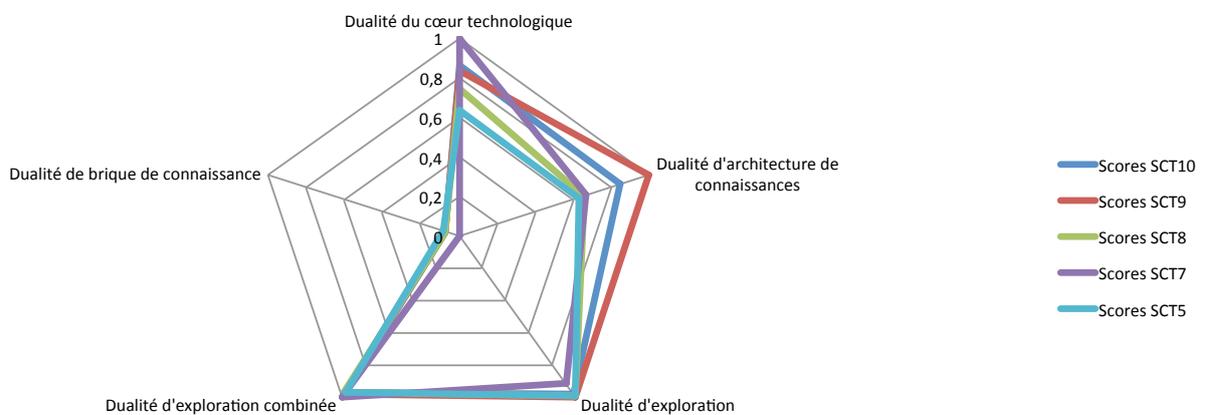
tire ce score vers le haut tandis que l'aspect défense de l'une des catégorie rends le SCT très spécifique par ailleurs.

Les quatre profils types :

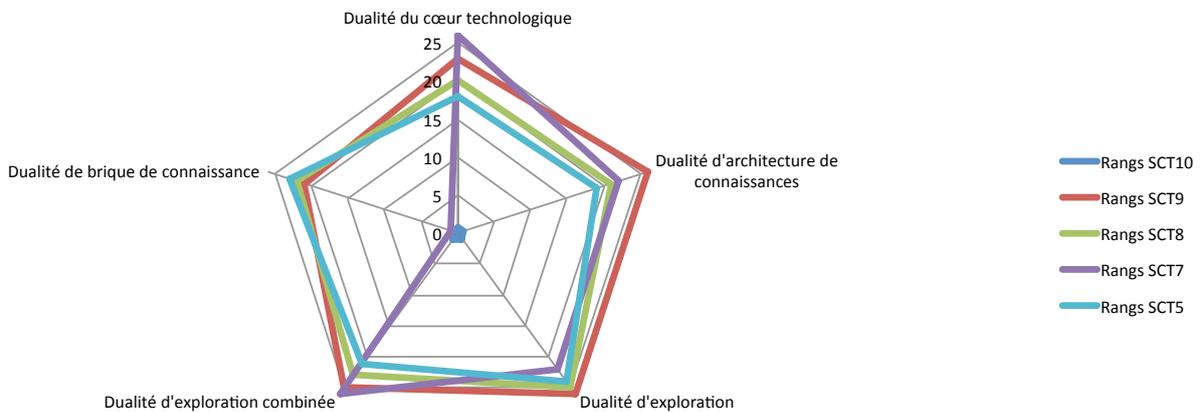
Les quatre profils sont présentés en fonction de leur niveau global de dualité en allant du profil présentant le plus fort potentiel dual à celui dont le potentiel est le plus faible.

Figure 39 : Profil 1

Scores des SCT: profil 1 en lien avec les systèmes embarqués et l'aéronautique



Rangs des SCT: profil 1 en lien avec les systèmes embarqués et l'aéronautique



Le profil 1 correspond à un groupe de SCT en lien avec les systèmes embarqués et l'aéronautique (système de communication, guidage à distance et drones), ils comportent des

scores élevés sur chacun des indicateurs de dualité⁹. Ce profil est composé de SCT qui sont centraux dans l'innovation des entreprises AAD mais dont les technologies sont, aujourd'hui, aussi nécessaires à la production de bien civils. Il semble trivial de montrer le caractère dual de l'aéronautique tant cela semble évident (Morailon 2001), néanmoins au-delà de l'évidence, ce qui est important, c'est de mesurer et de comprendre cette dualité.

Il est intéressant de noter que ce profil se distingue des autres par des scores de dualité d'exploration combinée supérieurs à ceux de tous les autres SCT tout en affichant des scores de dualité élevés sur le cœur technologique et sur l'architecture de connaissances. Ceci implique que pour ces SCT, défense et civil articulent aujourd'hui ces connaissances de manière proche, mais qu'en plus ils ont l'opportunité de collaborer dans le cadre de l'exploration technologique afin de prolonger ces proximités entre les deux sphères.

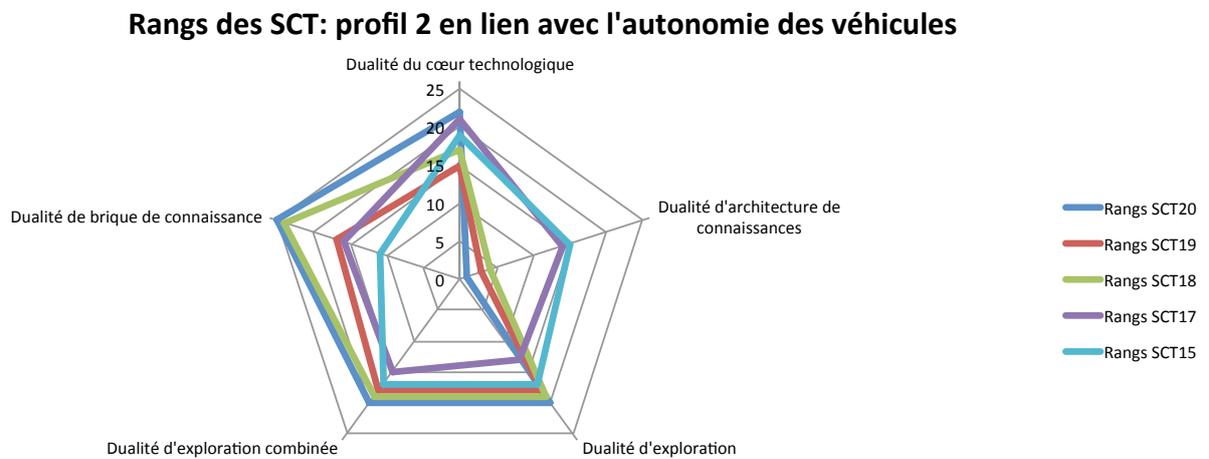
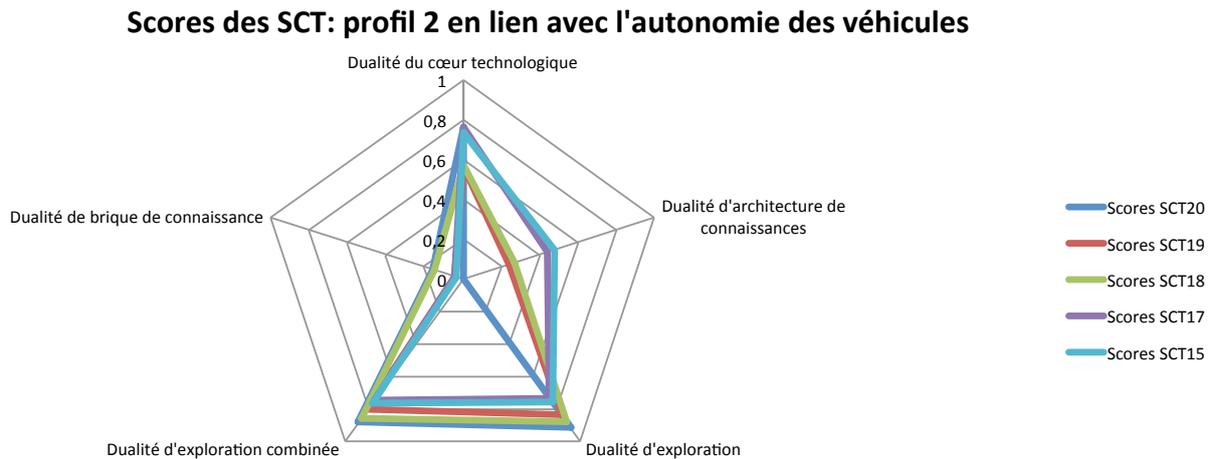
En effet, il semble d'abord que les deux sphères exploitent aujourd'hui le même cœur technologique ce qui signifie que ces SCT se sont cristallisés autour de liaisons fortes qui sont les mêmes dans les deux environnements de connaissances. Fondamentalement, il n'y a donc pas pour ces SCT de divergence dans les combinaisons de connaissances entre défense et civil ce qui laisse envisager des collaborations pour le développement technologique dans le cadre du paradigme technologique actuel. Plus largement, la même architecture de connaissances est reprise dans les deux environnements ce qui facilite les transferts de connaissances d'une sphère à l'autre. En conformité avec le modèle théorique, la proximité des architectures de connaissances permet d'incorporer plus aisément au sein d'une sphère une brique de connaissances en provenance de l'autre sphère.

⁹ Sauf pour le SCT7 dont la dualité de briques de connaissances est à 0, car il est juste composé de deux classes technologiques ce qui par définition réduit son score au plus bas pour la dualité de briques de connaissances et au maximum pour la dualité du cœur technologique.

Ce profil technologique semble en adéquation avec l'histoire et la structuration actuelle du secteur aéronautique, un secteur dans lequel les entreprises sont déjà et depuis plusieurs décennies largement duales (Depeyre, 2013). Les technologies qui composent ce profil sont largement communes au domaine civil et au domaine militaire ce qui les place dans le cadre d'une **dualité de similarité** telle qu'elle a été définie dans la première partie de cette thèse. Cette très grande similarité technologique et l'intégration dont ces SCT font l'objet au sein d'entreprises éminemment duales suggèrent que ce modèle est celui d'une « **dualité maîtrisée** » qui à la fois sur le plan technologique et sur celui de la stratégie des entreprises semble le plus mature.

Néanmoins, il apparaît qu'au sein de l'environnement de défense et au sein de l'environnement civil, les entreprises explorent de nouvelles manières d'articuler ces connaissances. Cette dualité d'exploration combinée offre bien, à la manière dont Cowan et Foray le décrivent, la possibilité de gagner du temps dans le développement technologique tant en termes de calendrier que d'événements. De plus, en collaborant dans le cadre de cette exploration, les deux sphères ont l'opportunité de construire ensemble les normes et les standards qui contraindront les développements technologiques futurs ; elles peuvent ainsi profiter de cette opportunité pour mettre en place un cadre institutionnel susceptible, à l'avenir, de faciliter cette coopération dans le cadre d'une dualité future. La stratégie d'ores et déjà duale des entreprises aéronautiques laisse à penser que ces dernières seront en mesure de jouer un rôle dans la concrétisation de ce potentiel.

Figure 40 : Profil 2



Le profil numéro deux quant à lui concerne des SCT en lien avec les capteurs, les véhicules et les moteurs électriques. Il se caractérise par des scores de dualité élevés sur trois composantes : la dualité du cœur technologique, la dualité d'exploration et la dualité d'exploration combinée. Ici, les SCT retenus sont moins centraux et présentent des niveaux de synergie moyens dans l'échantillon de SCT étudié.

Dans ce cas, comme dans le précédent, la dualité élevée du cœur technologique peut s'interpréter comme une convergence dans les fondements de l'exploitation des connaissances au sein de ces SCT, ce qui traduit une appartenance au même paradigme technologique. En revanche, contrairement au profil 1, la faible dualité d'architecture de connaissances montre que les entreprises AAD n'exploitent qu'une partie limitée des combinaisons de classes

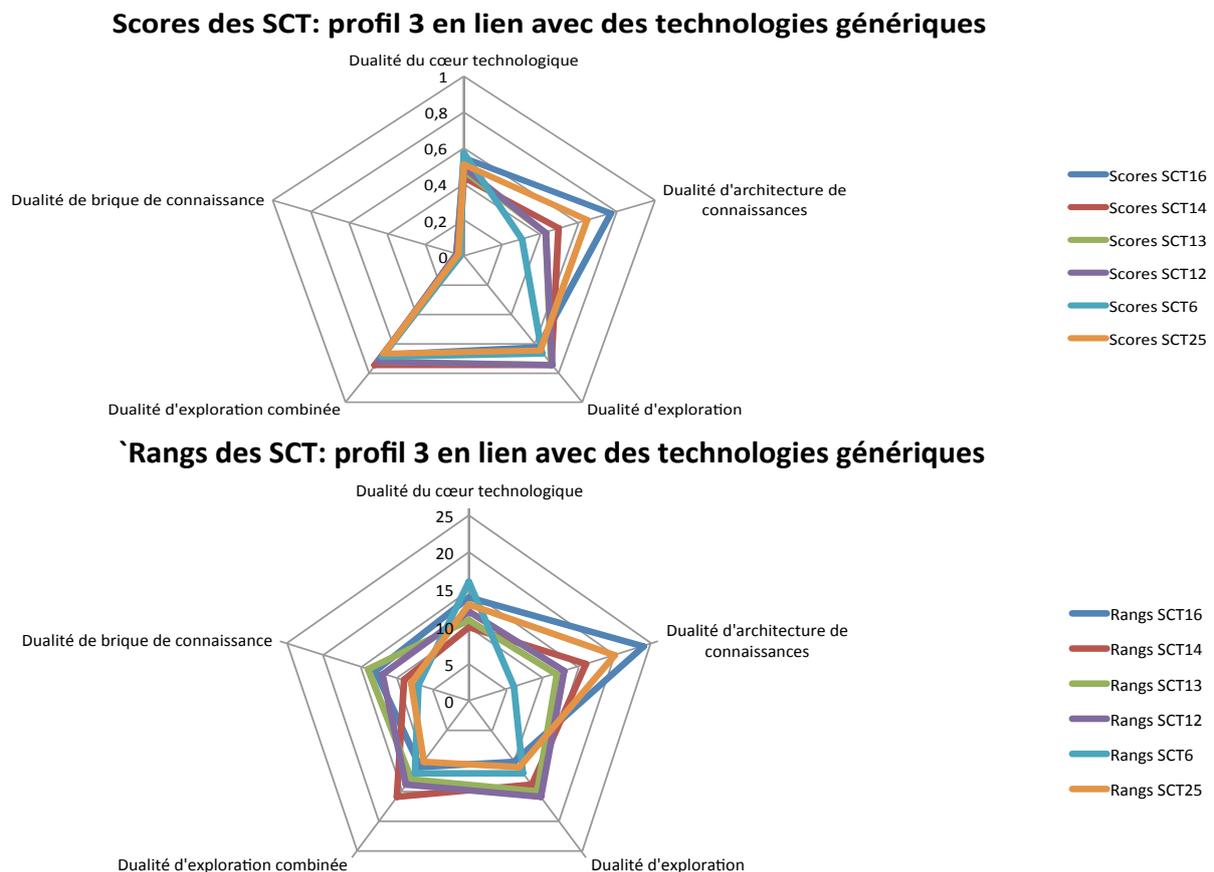
technologiques cohérentes exploitées ailleurs. Ceci, certainement en raison de la spécificité des usages dans le domaine de la défense, mais aussi et surtout en raison d'une l'application des systèmes technologiques de plus en plus diversifiée dans le reste du paysage technologique (développement des véhicules autonomes, aussi des engins agricoles connectés, des drones civils, mais aussi dans le transport ferroviaire par exemple).

Par ailleurs, les forts scores de dualité d'exploration et d'exploration combinée montrent que les entreprises AAD participent à l'effort d'exploration et peuvent, dans le cadre de ces associations « originales » de connaissances, mettre à jour de nouvelles opportunités de coopération avec le reste de l'environnement technologique.

Globalement ce profil présente un potentiel dual intéressant car il regroupe des SCT dont le niveau de cohérence est plutôt faible, ce qui signifie qu'il existe une certaine diversité dans les associations technologiques au sein desquelles les entreprises AAD peuvent certainement trouver des opportunités de valorisation de leurs connaissances. De plus, les connaissances en question servent au développement technologique de biens qui sont aujourd'hui promis à un avenir prospère notamment pour les véhicules autonomes. Ces applications nouvelles nécessitent la mise au point de nouvelles architectures de connaissances. Or, les constructeurs automobiles ou spécialistes de la haute technologie qui travaillent actuellement à la mise au point du véhicule autonome travaillent sur différentes architectures. Certains misent plus sur la qualité des capteurs, d'autres sur la cartographie ou encore sur l'intelligence artificielle (*Le Véhicule du futur*, Rapport de l'académie des technologies). Même si tous ces éléments sont nécessaires à la mise au point d'un véhicule autonome, l'équilibre entre ces différentes connaissances, qui déterminera l'architecture de connaissances dominante, n'est pas encore défini et il n'existe pas encore de standard. Comme, en plus, l'articulation de ces connaissances n'apparaît pas en désaccord avec le cœur technologique des entreprises AAD et que certaines d'entre elles ont fait de « l'intelligence »

et de l'autonomie des véhicules un axe de développement (p.ex. Nexter avec le programme scorpion), il semble que ces dernières pourraient participer à la mise au point du véhicule autonome civil, et ainsi, contribuer à l'élaboration de l'architecture de connaissances ce qui leur permettra, pas la suite, de trouver plus facilement de nouveaux débouchés à leurs technologies au-delà du domaine de la défense. Ce qui associe plutôt ces SCT à une **dualité de complémentarité qui reste soutenue par une grande dualité de similarité au niveau du cœur technologique**. Le modèle semble donc celui d'une « **dualité émergente** » où la place des entreprises AAD reste encore à clairement définir contrairement au cas précédent.

Figure 41 : Profil 3



Le profil numéro trois est constitué de SCT dont les domaines d'application sont diversifiés (les pneumatiques, les systèmes de guidage, les technologies liées aux véhicules en général et les systèmes électriques), soit des technologies génériques,

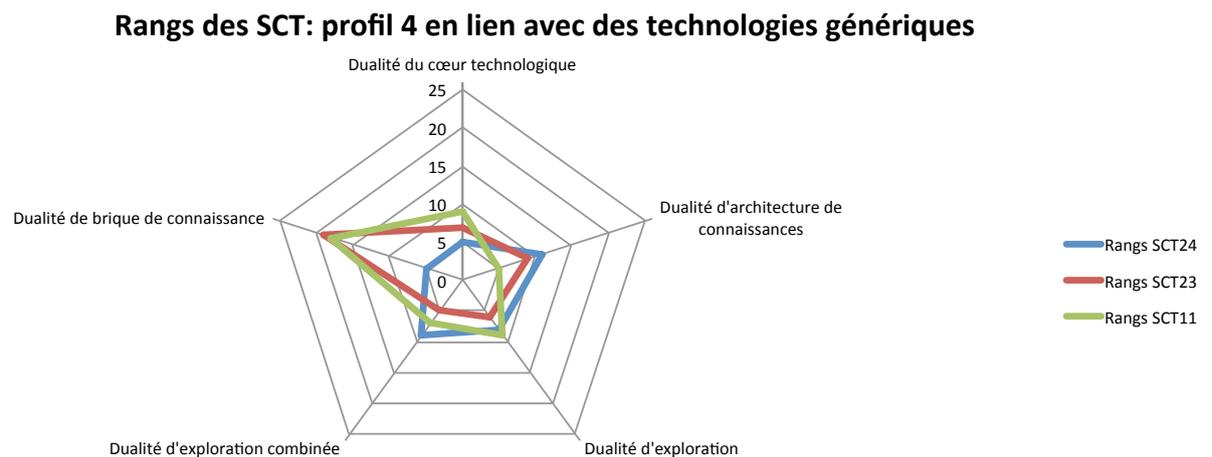
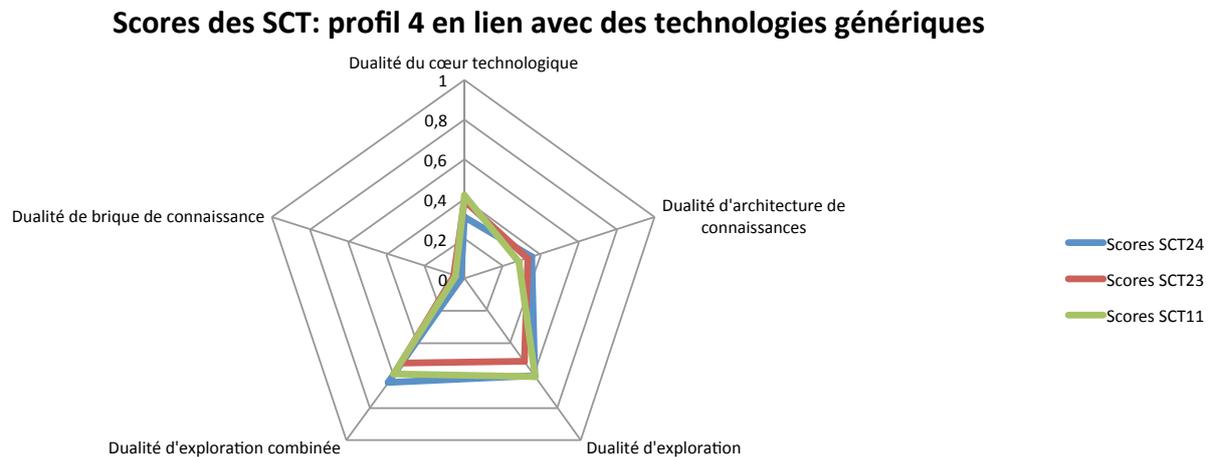
présentes dans le secteur automobile notamment. Leurs scores sont globalement plus faibles que ceux des profils précédents.

La première information à noter ici est que les SCT concernés sont aussi centraux pour les entreprises AAD que ceux du profil 2, néanmoins, leurs scores de dualité du cœur sont bien plus faibles. Cela signifie que les liaisons fortes réalisées dans l'environnement de connaissances de défense ne sont pas les mêmes que celles dans l'environnement de connaissances global. Ainsi, à la différence des cas précédents, il n'y a pas la même proximité fondamentale des connaissances. Par ailleurs, et en dépit de l'absence de similitude dans les liaisons fortes, la dualité d'architecture de connaissances est plutôt supérieure à celle du cas précédent. Ceci peut s'expliquer par le fait que, pour ces SCT relativement périphériques pour la défense, l'environnement de connaissances défense soit plutôt en aval du reste de la production technologique dans ce domaine. Ceci est confirmé par les scores bas dans la dualité d'exploration et d'exploration combinée. Par conséquent, les entreprises AAD « utilisent » les connaissances produites ailleurs dans une architecture de connaissances relativement proche. En revanche, afin d'adapter ces architectures aux spécificités de la sphère militaire, les entreprises AAD y adjoignent des connaissances spécifiques relevant de leur cœur technologique, ce qui explique les faibles scores sur la dualité de briques de connaissances.

Le potentiel dual de ce profil semble nettement plus faible que les précédents, notamment en termes de dualité de similarité. Au contraire, le profil de ces SCT laisse à penser qu'il existe au sein de ces SCT une répartition des rôles entre les entreprises des deux sphères. La grande maturité des technologies concernées suggère que la production industrielle est largement rationalisée. Ainsi chacune des deux sphères s'est spécialisée dans le domaine pour lequel elle dispose des avantages les plus forts. Le

modèle de dualité est donc un modèle mature de « **dualité de production industrielle** » très fortement marquée par une complémentarité entre les deux sphères.

Figure 42 : Profil 4



Dans ce dernier profil, les SCT sont associés à la pétrochimie, à l'aménagement des véhicules de tout type, et au travail des métaux. Ils présentent tous de faibles scores de dualité.

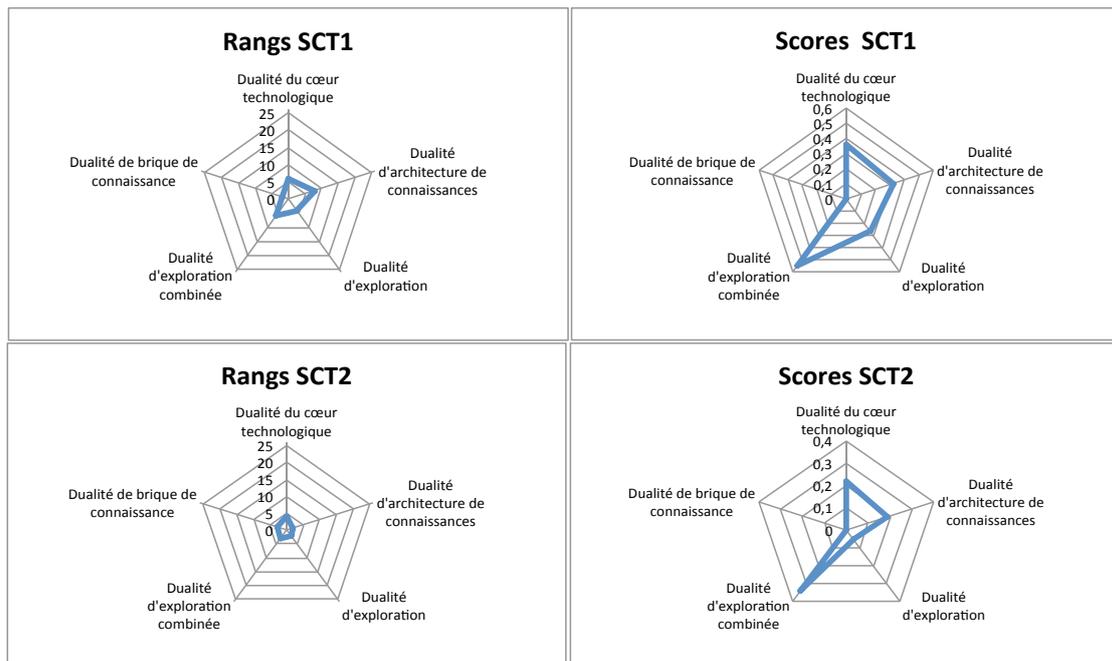
Dans ce cas, les scores sont tellement faibles qu'il serait abusif de parler de dualité ou alors seulement de « **dualité marginale** ». Le seul élément marquant est que pour deux des trois SCT (SCT11 et 24) la dualité de briques de connaissances semble relativement élevée ce qui indique que les associations réalisées au sein de ce SCT ne relèvent pas du cœur

technologique des entreprises AAD, ce qui implique qu'elles intègrent des briques de connaissances produites ailleurs.

Les SCT purement de défense :

Le dernier point qu'il convient d'expliquer renvoie aux SCT1 et SCT2 (figure 43).

Figure 43 : Les SCT centraux pour la sphère de défense



Les scores de dualité de ces SCT sont les plus faibles de tous. Ils le sont en raison du caractère évidemment militaire des technologies rattachées à ces SCT. Ainsi, dans ces domaines, la défense semble produire des associations technologiques qui lui sont fortement spécifiques et s'il existe des possibilités d'interactions en la matière, elles prendront plus aisément la forme de « *spin-off* » étant donnée l'absence quasi complète de proximité dans la production de connaissances entre le domaine civil et le domaine de la défense. Ces SCT présente donc un potentiel **dual restreint**.

Conclusion

Ce chapitre a permis de mettre en évidence l'intérêt d'utiliser la théorie de la cohérence technologique afin d'étudier la structure interne des SCT. Ce cadre théorique a permis de proposer plusieurs indicateurs de la dualité : **dualité du cœur technologique, dualité d'architecture de connaissances, dualité d'exploration, dualité d'exploration combinée et dualité de briques de connaissances.**

L'analyse des SCT a permis de révéler une hiérarchie claire dans le potentiel dual des différents SCT compte tenu de l'organisation interne des connaissances entre 2010 et 2012. Cette hiérarchie a permis de mettre en avant la capacité des entreprises AAD à participer au développement technologique des systèmes de guidage, des drones civils ou encore de la voiture autonome. La répétition de ce type d'analyse sur plusieurs années permet de définir des tendances qui peuvent servir non seulement aux industriels de la défense pour la définition de la stratégie de dualisation, mais aussi à la DGA dans le cadre de l'orientation de ses financements duaux.

Elle peut, par la suite, être complétée d'une analyse par secteur d'activité et par entreprise afin d'affiner les recommandations en fonction de cas plus précis. L'enjeu de cette thèse était avant tout de montrer sa pertinence dans la mesure du potentiel dual. La définition de préconisations précises nécessitera des analyses complémentaires SCT par SCT et secteur par secteur.

Chapitre 5 : Analyse de l'influence duale des Systèmes de Connaissances Technologiques

Introduction

Etudier la dualité d'un Système de Connaissances Technologiques (SCT) demande à la fois de comprendre la manière dont les connaissances qui le composent sont articulées, mais cela requiert aussi de comprendre la manière dont le SCT interagit avec son environnement. L'objectif de ce chapitre est d'analyser les relations d'un SCT avec son environnement afin de mesurer son potentiel dual mais aussi plus largement, de mesurer les phénomènes structureaux associés à ce potentiel. Ceci permettra notamment de distinguer d'une part l'influence que le SCT exerce par le biais des technologies qui le structurent et d'autre part l'influence que le SCT exerce par le biais des technologies auxquelles il se lie.

En effet, le chapitre précédent permet de comprendre la structuration des connaissances relatives à un Système de Connaissances Technologiques (SCT) en particulier. Néanmoins, si un SDI est toujours défini relativement à un SCT, cela ne signifie pas pour autant que seules les connaissances du SCT entrent dans sa dynamique d'innovation. C'est ce qui se produit à grande échelle dans le cas des « *General Purpose Technologies* » GPT (Bresnahan et Trajtenberg, 1995), qui servent à la dynamique d'innovation de nombreux SCT sans pour autant les caractériser spécifiquement. De nombreuses connaissances, par le biais de leur propre progrès, influencent le progrès d'autres connaissances. C'est lié au caractère corrélationnel de la production de connaissances : le développement de nouvelles connaissances permet de multiplier les combinaisons et recombinaisons possibles entre elles (Fleming et Sorenson, 2001 ; Sorenson et Fleming 2004) ce qui ouvre la voie à de nouveaux développements. Ainsi plus l'environnement de connaissances d'un SCT est riche plus il sera à même de profiter au SCT et inversement. De la même manière si nos SCT furent constitués

à partir de données d'entreprises ayant une activité de défense, cela ne signifie pas, et c'est bien là tout leur caractère dual, que seules ces entreprises participent à la dynamique du SCT. Ainsi, ce qui vaut pour les connaissances vaut aussi pour les entreprises, et identifier le poids des entreprises qui contribuent à un SCT en fonction de leur appartenance ou non à la sphère défense informe sur la dynamique de dualité d'un SCT.

Ce chapitre s'appuie sur la théorie de la dominance économique et plus précisément sur les outils de la Théorie des Graphes d'Influence (TGI présentée dans le chapitre 3). Ces outils servent à étudier à la fois la dynamique interne de chaque SCT, mais aussi les relations que le SCT tisse avec son environnement.

Pour ce faire, l'influence du SCT est étudiée avec, d'une part, l'influence liée aux relations internes au SCT et les relations que le SCT noue avec le reste de la structure (interdépendance intra et inter parties) et, d'autre part, l'influence associée au réseau égocentré (Lebert et El Younsi, 2015) qui consiste à déterminer quelles sont les connaissances qui sont directement en lien avec le développement d'un SCT et à en mesurer les interdépendances. Conjointement, ces deux éléments permettent de comprendre la dynamique d'innovation du SCT. Ces éléments, internes et externes, sont intéressants à prendre en compte dans l'analyse de la dualité d'un SCT, non seulement, comme dans le chapitre précédent, pour évaluer le potentiel dual, mais aussi déterminer le rôle des firmes et des technologies dans le cadre de la mise en place d'un Système Dual d'Innovation SDI.

Pour cela, le chapitre revient d'abord sur l'influence que les connaissances ont les unes sur les autres dans le développement d'un SCT, et détaille les mesures de l'influence à l'aide de deux principaux concepts : la centralité de cohésion et l'égocentricité. Par la suite les aspects méthodologiques sont abordés. Puis, ces méthodes sont adaptées à l'étude des SCT. Enfin ces résultats sont analysés vis-à-vis de la dualité.

1. Influence et dualité

Le potentiel dual des SCT a été défini dans la partie 1 en fonction du potentiel de diffusion des technologies et plus précisément en fonction des proximités cognitives. Or, au-delà de la cohérence qui permet de mettre en évidence des proximités cognitives en étudiant la structure interne, c'est-à-dire en se focalisant sur l'analyse du système de connaissances en lui-même, comprendre l'influence que la production d'une ou plusieurs connaissances (SCT) a sur la production d'une autre connaissance permet de mettre en évidence d'autres formes de proximité qui mettent l'accent sur les inputs et outputs technologiques. Ce sont ces flux qui révèlent l'exploitation ou non du potentiel dual.

Dans un premier temps, cette section revient sur les liens entre influence et dualité dans le cadre d'une analyse des connaissances, avant de présenter les principales mesures qui seront par la suite utilisées.

1.1. L'influence interne et l'influence externe

Dans le chapitre précédent la dualité est appréhendée en termes d'architecture de connaissances et de briques de connaissances en analysant le SCT (la structure interne du SCT). Dans ce chapitre, ce sont les inputs et outputs technologiques (à l'aide des matrices de flux technologiques) qui sont analysés, toujours dans le but de mesurer le potentiel dual.

L'influence duale d'un SCT:

La dualité se résume par la mise en relation de la sphère civile et de la sphère défense dans le développement d'une technologie. Or si cette relation est réciproque, cela ne signifie pas pour autant qu'elle est symétrique. En effet, dans cette thèse, le choix a été fait d'identifier les SCT à l'aide des données de brevets des entreprises Ayant une Activité de Défense (AAD) (dans le but de garantir la pertinence de l'analyse pour la sphère défense). Or, ceci octroie *a*

priori à ces SCT un caractère défense. Ce qui signifie que la participation des entreprises AAD ne doit pas être traitée de la même manière que celle des entreprises strictement civiles.

En effet, les entreprises AAD sont par construction parties prenantes des SCT de l'échantillon. Effectivement, ce sont leurs synergies qui ont permis de définir les frontières des SCT. Analyser ces synergies permet donc de tester une hypothèse similaire à celle testée dans le chapitre précédent : plus un SCT défense dépend des entreprises AAD moins il est dual, et inversement. Dans cette perspective, mesurer à quel point les entreprises AAD, prises ensemble en tant qu'environnement de connaissances défense (*cf.* chapitre 3), sont dominantes dans les synergies internes d'un SCT offre une indication sur le potentiel dual du dit SCT. Autrement dit, un SCT dont les synergies sont largement dues à l'environnement de connaissances défense est *a priori* moins dual qu'un SCT pour lequel l'environnement de connaissances défense ne représente qu'une faible part des synergies du SCT et ce, même si ces synergies sont importantes pour l'environnement de défense. C'est en suivant cette hypothèse que le potentiel dual des SCT sera de nouveau mesuré dans ce chapitre.

Néanmoins, si cette approche offre une indication sur le potentiel dual d'un SCT, elle ne renseigne pas sur le périmètre des entreprises qui participent à la dynamique d'innovation duale du SCT. Encore une fois cette participation ne peut être appréhendée exactement de la même manière pour les entreprises AAD et les entreprises civiles. En la matière, l'objectif de ce chapitre est de montrer comment les mesures de l'influence peuvent permettre de jouer un rôle dans la définition du périmètre d'un Système de Dual d'Innovation (SDI) en offrant des mesures sur l'implication des firmes au développement technologique d'un SCT, qu'elles aient ou non une activité reconnue dans la sphère défense. Il faut distinguer deux informations complémentaires qui ne revêtent ni la même signification ni la même importance pour les deux catégories de firmes.

D'une part, il est possible de mesurer la participation des entreprises au SCT en tant que tel (les technologies qui le définissent au sens strict), cela donne une information sur leur implication dans la dynamique d'innovation du SCT, et permet de savoir quelles firmes participent au SDI *stricto-sensu*. D'autre part, il est possible de mesurer parmi ces entreprises lesquelles s'impliquent dans la dynamique d'innovation de connaissances avec lesquelles le SCT défense tisse des liens et qui ne sont *a priori* pas spécifiques à la sphère défense. Ces entreprises contribuent ainsi au processus de diffusion des connaissances du SCT ce qui informe sur la contribution potentielle de ces firmes à la dualité du SCT. En effet, ces connaissances, qui ne sont pas spécifiques à ce SCT, mais qui sont en lien avec lui, participent à son évolution, soit en lui procurant des inputs externes qui lui sont nécessaires, soit en offrant des débouchés aux technologies qui le composent en dehors du cadre strict de ce SCT défense. Ceci est au cœur même d'un processus dual de diffusion de la connaissance. La manière dont cette relation est analysée est abordée dans les sections suivantes.

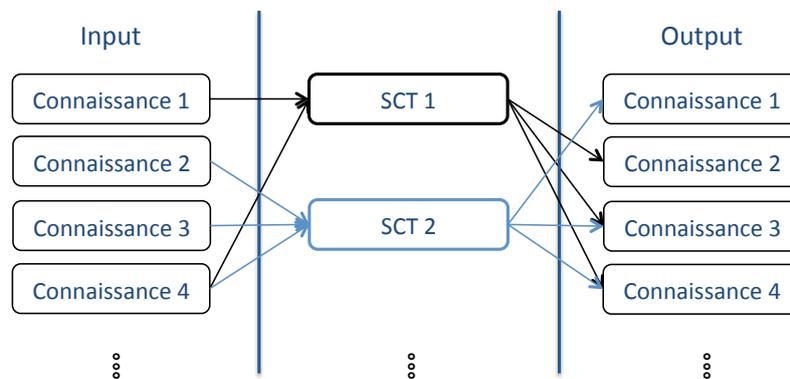
Ces analyses de l'influence à l'intérieur du SCT et au sein de son environnement technologique direct permettent donc à la fois de préciser **le potentiel dual de chaque SCT mais aussi d'évaluer le périmètre des entreprises civiles et AAD qui participent au SDI relatif à chaque SCT.**

Input et output technologique et dualité :

Les mesures d'influence reposent sur les matrices de flux technologiques. Le chapitre 3 a permis de présenter la manière dont sont construites ces matrices à partir des données de citations entrantes (*Backward citations*). Ces matrices permettent d'observer quelles sont les connaissances technologiques qu'il est nécessaire de produire afin de nourrir la production d'autres connaissances technologiques, autrement dit elles nous permettent d'étudier les inputs technologiques.

A ce stade, il faut noter qu'à l'aide de ces matrices, il est possible de connaître, pour une classe technologique donnée, non seulement les inputs qui ont servi à la produire, mais aussi les connaissances que cette classe technologique a servi à produire. Il est ainsi possible de savoir **de quoi** se sert et **à quoi** sert la production de connaissances dans une classe technologique, au-delà de la classe technologique elle-même (figure 43). Ainsi, ce qui vaut pour une classe technologique vaut pour plusieurs et donc pour un SCT. C'est en cela que les liens de dépendance et d'interdépendance observables grâce à la TGI peuvent s'avérer intéressants dans l'évaluation du potentiel dual d'un SCT.

Figure 44 : Utilisation des connaissances pour un SCT



Il est facile de comprendre l'intérêt d'analyser de telles relations dans l'évaluation d'un potentiel dual. C'est-à-dire qu'au-delà des proximités cognitives liées à la similitude des activités technologiques entre civil et défense, cette manière d'appréhender la question permet de mettre en évidence **des proximités cognitives liées aux retombées et/ou à l'absorption des connaissances produites par le civil et/ou la défense.**

L'influence d'un SCT :

Ce sont les outils de la Théorie des Graphes d'influence (TGI) qui permettront d'exploiter les matrices de flux technologiques. Plus précisément, c'est à l'aide de la TGI que seront analysées les relations à l'intérieur du SCT, entre le SCT et son environnement de

connaissances direct et au sein de son environnement de connaissances direct. Alors, avant d'aller plus loin, il convient de revenir sur la TGI afin de montrer en quoi elle permet d'analyser ces relations en termes d'influence.

Comme cela a été exposé dans le chapitre 3, R. Lantner, (1974) montre que le calcul du déterminant d'une matrice est un moyen original et efficace de mesurer le poids des arbres et des circuits dans une structure pondérée et orientée afin de mesurer les différentes formes de l'influence. Les différentes valeurs du déterminant (*cf.* chapitre 3) permettent de partager l'influence au sein d'une structure entre dépendance, interdépendance, et autarcie. Par construction, la valeur de ces mesures tient compte à la fois du nombre de pôles qui propagent cette influence et de la force des liens qui relient les pôles entre eux. Ainsi, l'influence d'un pôle sur un grand nombre de pôles peu liés entre eux peut être la même que celle qui s'exerce sur un nombre de pôles plus faible mais plus fortement liés. La TGI permet donc d'appréhender l'influence, d'une part, en fonction du nombre de pôles touchés et, d'autre part, en fonction des liens entre ces pôles.

Prendre en compte les chemins dans l'analyse constitue un apport important dans l'analyse de l'influence. En effet, distinguer différentes catégories de chemins en fonction de leurs pondérations, de leurs orientations, de leur caractère réciproque ou non permet de partitionner l'observation en plusieurs phénomènes structuraux qui permettent de largement enrichir l'analyse (Lantner, 1974).

Dans le cadre de l'analyse des SCT, ce n'est pas l'influence d'un pôle sur le reste de la structure qui est mesurée, mais celle d'un ensemble de pôles par définition interdépendants. Il s'agit par conséquent d'étudier une partie : le SCT, et sa relation avec une partie complémentaire qui est composée des connaissances externes au SCT mais qui sont en lien avec lui. Ainsi, le théorème de la partition est utile à l'élaboration des indicateurs présentés

dans ce chapitre : « le déterminant de la structure des échanges est inférieur ou égal au produit des déterminants des parties » (Lantner et Lebert, 2013).

Le SCT étant une partie du graphe complet, l'interdépendance entre cette partie et le reste de la structure se mesure par la différence entre le produit des déterminants des deux parties (SCT et non SCT) et le déterminant de la structure complète. Cette interdépendance permet d'appréhender l'ensemble des effets amplifiés, engendrés par les circuits qui relient les parties entre elles (Lebert, 2016). Deux cas bornent cette mesure : soit la différence est nulle et alors l'ensemble des interdépendances est inclus dans les parties ; soit les parties n'internalisent aucune interdépendance et dans ce cas l'interdépendance générale est égale à l'interdépendance entre les parties.

L'influence d'un SCT sur le reste de la structure s'appréhende donc au travers d'une application de la théorie de la partition. L'influence au sein du SCT est quant à elle bien plus simple à étudier. Il s'agit en la matière d'étudier les interdépendances au sein de la partie, indépendamment des liaisons qui s'établissent au sein de la partie complémentaire.

S'agissant de l'influence du SCT sur le reste de la structure, elle s'appréhende au travers de différents chemins qui permettent de distinguer différentes formes d'influence. Afin de les isoler, il convient de traiter d'une forme particulière de partition appelée réseaux égocentrés (Lebert et El Younsi, 2015).

Analyse de l'égocentricité d'un pôle :

L'analyse des réseaux égocentrés ou égocentricité permet d'étudier les relations au sein d'un ensemble de pôles complémentaires directement liés à un ou plusieurs pôles définissant une partie principale (Lebert et El Younsi, 2015). Jusqu'à présent, la partie principale a toujours été présentée comme un seul pôle. D. Lebert et H. El Younsi ont toujours

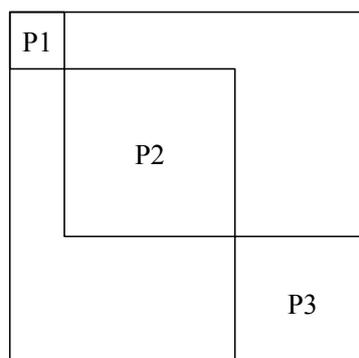
utilisé cet outil dans le cadre d'une analyse du commerce international. Par conséquent, ils s'arrêtent sur une partition spécifique qui leur permet d'aborder la position d'un pays (un pôle) vis-à-vis de ses partenaires commerciaux. Cette structure est reprise ici afin de présenter la méthode. Elle sera étendue par la suite au cas du SCT qui correspond au cas d'une partie principale composée de plusieurs pôles. C'est l'analyse du réseau égocentré qui permet d'appréhender l'influence de l'environnement de connaissances direct sur un SCT

Il s'agit dans un premier temps de considérer la partition d'une structure en trois parties définies comme :

- La partie 1 constituée d'un pôle, appelé *ego*
- La partie 2 connectée directement à *ego*, appelé *alter*
- La partie 3 le reste qui n'est pas connecté à *ego*.

L'objectif de cette partition est d'analyser le réseau égocentré en mesurant les circularités à l'intérieur de *alter*. L'intérêt majeur de cet outil est de pouvoir définir *alter* selon différentes modalités, c'est-à-dire de distinguer différentes modalités de connexions entre *ego* et *alter* afin de décomposer en plusieurs phénomènes structuraux l'analyse de l'égocentricité. Le réseau *alter* étant centré sur *ego* c'est pour cela qu'il est question d'égocentricité.

Figure 45 : La partition associée à l'analyse du réseau égocentré



La figure 45 permet de comprendre la manière dont l'analyse du réseau égocentré s'appréhende. Elle présente trois parties, telles qu'elles sont définies ci-dessus, noté P1 pour la partie principale (*ego*) et, P2 (*alter*) et P3 (le reste) qui ensemble constituent la partie complémentaire.

Quelques caractéristiques de l'égocentricité déjà présentées par D. Lebert et H. El Younsi (2015) :

- D le déterminant de la structure globale et D_i le déterminant de chacune des parties. Or, les parties P1 et P3 ont été définies de telle sorte que l'interdépendance entre ces parties soit nulle. Alors, en appelant P4 et la partie comprenant P1 et P3 : $D_4 = D_1 \times D_3$.
- D'après les propriétés de la valeur du déterminant dans une structure d'échange au sein de laquelle l'autarcie des pôles est considérée comme nulle, la différence $1 - D$ permet de mesurer l'interdépendance dans une structure. Donc la valeur de $1 - D_2$ mesure la valeur de l'interdépendance au sein du réseau égocentré.
- Si C est le cofacteur diagonal associé au pôle principal P1. Alors la valeur de D_2 est toujours supérieure ou égale à C . Si $D_2 = C$, cela signifie que le réseau égocentré internalise toutes les circularités de la structure complémentaire à P1, autrement dit, qu'il n'existe aucune circularité internalisée au sein de la partie P3.
- En finalement D_2 est toujours compris entre C et 1.
- L'analyse de l'égocentricité ne tient pas compte des circularités longues qui peuvent s'établir au sein de la partie complémentaire, c'est-à-dire l'interdépendance entre les parties 2 et 3.

Comme cela a été souligné, il existe différentes modalités pour définir les périmètres des réseaux égocentrés. Jusqu'à présent, ces différents périmètres ont toujours servi à analyser des données de commerce international et ont été nommés à l'aide du vocabulaire associé à ce type d'analyse. Ces différentes modalités sont ici reprises, mais nommées différemment afin de mieux les appliquer à l'analyse des flux de connaissances.

- Le réseau égocentré composé de l'ensemble des pôles vers lesquels le pôle de la partie principale P1 envoie directement des flux (Lebert et El Younsi, 2015). Cette définition appliquée au cas du commerce international définit le réseau des exportations du pôle principal. Dans le cas d'une analyse des connaissances cela permet de délimiter les frontières du **réseau des retombées directes d'un pôle**.
- Le réseau égocentré composé de l'ensemble des pôles depuis lesquels le pôle de la partie principale P1 reçoit directement des flux. Cette définition appliquée au cas du commerce international définit le réseau des fournisseurs du pôle principal. Dans le cas d'une analyse des connaissances cela permet de délimiter les frontières du **réseau des absorptions directes d'un pôle**.
- Le réseau égocentré composé de l'ensemble des pôles vers lesquels le pôle de la partie principale P1 envoie directement des flux ou depuis lesquels il reçoit directement des flux. Ce réseau permet de synthétiser les deux approches précédentes et définit dans le cadre du commerce international les limites du réseau des partenaires commerciaux du pôle principal. Dans le cadre de l'analyse des connaissances, c'est **le réseau des échanges de connaissances d'un pôle**.
- Le réseau égocentré composé de l'ensemble des pôles qui sont à la fois récepteurs et émetteurs de flux, c'est-à-dire vers lesquels le pôle de la partie principale P1 envoie directement des flux et depuis lesquels il reçoit directement des flux. Il permet donc

d'identifier les relations bilatérales que le pôle entretient avec le reste de la structure, tant du point de vue du commerce international que de la production de connaissances : **c'est le réseau des échanges bilatéraux.**

L'analyse de l'égoцентриté d'un pôle revient à étudier les interdépendances au sein du réseau *alter*. L'analyse des réseaux égoцентриés est une des composantes qui permet d'évaluer l'influence d'un SCT sur son environnement.

Analyse de l'influence d'un SCT :

L'objectif ici est de transposer le cadre d'analyse de l'influence en l'appliquant, d'une part, aux matrices de flux de connaissances plutôt qu'au commerce international et, d'autre part, à un ensemble de pôles (le SCT) plutôt qu'à un seul. Dans une telle approche, la différence majeure vient du fait que le SCT n'est plus un pôle dont l'autarcie est considérée comme nulle, mais un ensemble de pôles qui, par définition, internalisent des interdépendances.

L'intérêt de l'analyse de l'égoцентриté d'un SCT, est d'isoler les relations que ce dernier internalise afin de se concentrer sur les relations entre les pôles d'*alter*. En effet, les SCT sont, par définition, constitués autour de circularités fortes qui influencent par conséquent les interdépendances entre le SCT et les pôles qui sont en relation directe avec lui. En ne considérant que le déterminant de la sous-partie constituée des pôles en relation directe avec le SCT, il est possible d'appréhender la structuration de ces pôles indépendamment des circularités ou synergies internalisées dans le SCT et ainsi de juger de la robustesse de ce réseau complémentaire.

Par conséquent, il se distingue clairement deux composantes dans l'analyse de l'influence d'un SCT qui permettent de préciser le rôle des entreprises civiles d'une part et AAD d'autre part en conformité avec la manière dont leur contribution à la dualité a été

envisagée en début de section. **L'influence intra et inter parties du SCT : elle relève des interdépendances au sein de *ego* et entre *ego* et *alter*. Et l'influence liée au réseau égo-centré relève des interdépendances complémentaires au SCT (en lien direct) qui se nouent dans le reste de l'environnement de connaissances.**

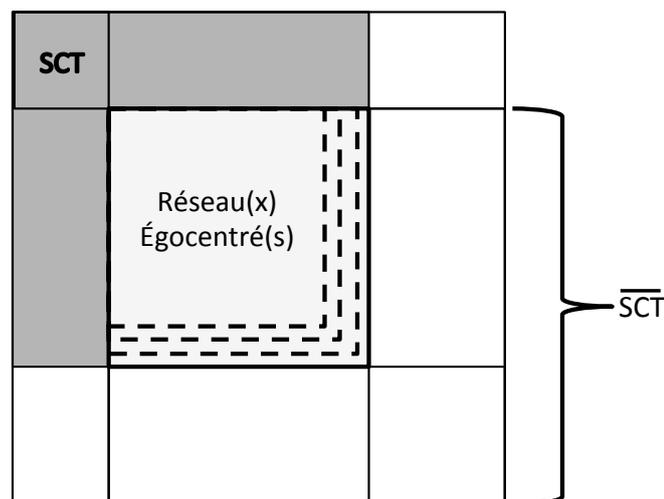
1.2. Les mesures de l'influence

Afin de ne pas couper avec ce qui vient d'être présenté, c'est l'analyse de l'égo-centricité du SCT qui est abordée dans un premier temps avant de se concentrer sur les mesures liées à l'interdépendance intra et inter-parties.

L'analyse du réseau égo-centré :

Les mesures présentées ici sont reprises de Lebert et El Younsi (2015) et légèrement adaptées afin d'être appliquées à un réseau *ego* défini comme un ensemble de pôles. Elles expliquent la partie en gris clair dans la figure 45.

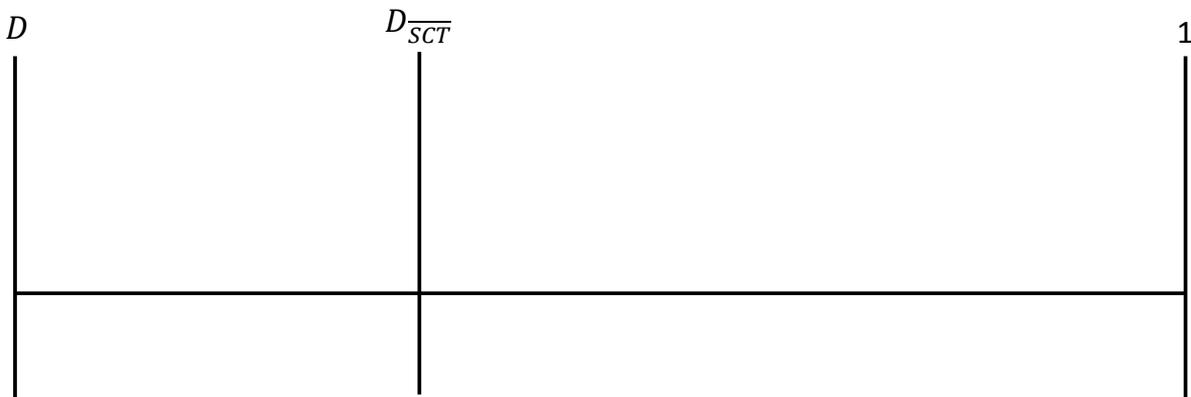
Figure 46 : La partition de l'influence d'un SCT (1)



Comme dans le chapitre 3, étant donné la nature des données relatives à une structure d'échange de connaissances, le déterminant D de la structure complète est toujours compris entre 0 et 1. Dans le cadre de l'analyse de l'égo-centricité d'un pôle, c'est la valeur du

cofacteur diagonal qui borne par le bas la valeur des déterminants des différents réseaux égocentrés ; lorsque cet outil est appliqué à un SCT - qui représente la partie principale dont la valeur du déterminant est notée D_{SCT} - c'est la valeur du déterminant de la partie complémentaire notée $D_{\overline{SCT}}$ qui constitue la borne inférieure à la valeur des déterminants des différents réseaux égocentrés. La partie complémentaire étant une sous-partie de la matrice complète, $D_{\overline{SCT}}$ est nécessairement supérieure ou égale à D , il s'établit alors la hiérarchie suivante :

Figure 47 : Les mesures de l'influence (1)

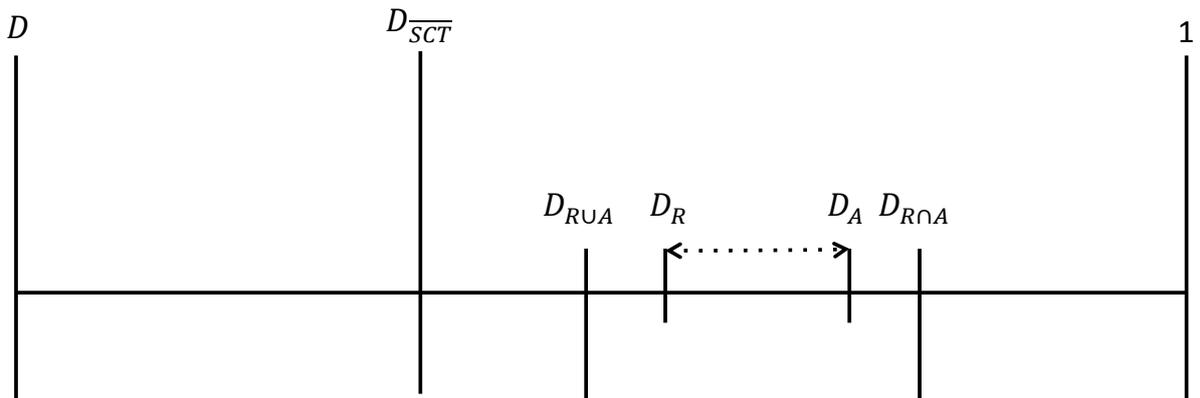


Les quatre réseaux égocentrés définis plus haut permettent de distinguer les différents phénomènes structuraux. Ce sont les écarts entre les différentes valeurs de déterminants qui permettent de mesurer ces phénomènes. Ainsi, il convient de préciser la hiérarchie entre ces valeurs. Pour cela, il faut tout d'abord rappeler que, plus le réseau égocentré représente une fraction importante des circularités de la partie complémentaire, plus son déterminant est proche de $D_{\overline{SCT}}$ et plus il s'approche de 1 sinon.

Ainsi, le réseau égocentré le plus large est par définition le réseau des échanges de connaissances puisqu'il comprend toutes les relations directes entrantes et sortantes. Tandis que le plus étroit est le réseau des échanges bilatéraux car il ne contient que les pôles qui émettent et reçoivent à la fois vers et depuis la partie principale. Les réseaux des retombées directes et celui des absorptions directes sont quant à eux compris entre les deux précédents.

Néanmoins, pour ces deux derniers, une ambiguïté demeure car il est impossible d'établir *a priori* une hiérarchie entre eux. Les différents réseaux sont notés : le réseau des retombées directes est noté D_R , le réseau des absorptions directes est noté D_A , le réseau des échanges de connaissances est noté $D_{R \cup A}$ et le réseaux des échanges bilatéraux est noté $D_{R \cap A}$. Il s'établit alors la hiérarchie suivante :

Figure 48 : Les mesures de l'influence (2)



Les quatre réseaux égocentrés permettent de mettre en évidence sept phénomènes structuraux répertoriés dans Lebert et El Younsi (2015). Certains sont ici simplement renommés afin de mieux correspondre aux cas des flux de connaissances :

Tableau 11 : Les indicateurs portant sur le réseau égocentré

Indicateurs	Mesures
Intégration	$T_i = \frac{1 - D_{R_i \cap A_i}}{1 - D_{SCT_i}}$
Inclusion	$I_i = \frac{1 - D_{R_i \cup A_i}}{1 - D_{SCT_i}}$
Insertion par les retombées	$R_i = \frac{1 - D_{R_i}}{1 - D_{SCT_i}}$
Insertion par les absorptions	$A_i = \frac{1 - D_{A_i}}{1 - D_{SCT_i}}$

Asymétrie cognitive	$S_i = \frac{D_{A_i} - D_{R_i}}{1 - D_{\overline{SCT}_i}}$
Transferts de connaissances	$F_i = \frac{D_{R_i \cap A_i} - D_{R_i \cup A_i}}{1 - D_{\overline{SCT}_i}}$
Exclusion	$E_i = \frac{D_{M_i \cup X_i} - D_{\overline{SCT}_i}}{1 - D_{\overline{SCT}_i}}$

La philosophie de ces indicateurs est de valoriser, pour un SCT i , différents phénomènes structuraux en fonction des circularités qui leur correspondent. Plus ces circularités sont fortes, plus elles traduisent un effet multiplicateur important (Lantner, 1974). Ainsi, les effets multiplicateurs d'un SCT peuvent être discriminés en fonction des différentes relations que le SCT entretient avec son environnement.

Ces indicateurs permettent d'appréhender les circularités comprises entre $D_{\overline{SCT}}$ et 1 (figure 47) c'est pourquoi ils sont mesurés en rapport à cet écart :

- **L'intégration** : $T_i = \frac{1 - D_{R_i \cap A_i}}{1 - D_{\overline{SCT}_i}}$ correspond aux interdépendances internalisées dans le réseau des échanges bilatéraux d'un SCT. Elle mesure les synergies induites par les plus étroites relations d'un SCT avec son environnement de connaissances. Un SCT est d'autant plus intégré que les pôles avec lesquels il entretient des relations bilatérales entretiennent eux aussi des relations fortes.
- **L'inclusion** : $I_i = \frac{1 - D_{R_i \cup A_i}}{1 - D_{\overline{SCT}_i}}$ correspond aux interdépendances internalisées dans le réseau des échanges de connaissances d'un SCT. Elle mesure les synergies induites par l'ensemble des relations directes d'un SCT. Le SCT entretient des relations avec ces pôles sans que celles-ci soient nécessairement circulaires. Ce sont les

interdépendances entre les pôles du réseau égocentré qui permettent d'inclure le SCT dans une relation circulaire avec ces pôles.

- **L'insertion par les retombées** : $R_i = \frac{1-D_{R_i}}{1-D_{SCT_i}}$ correspond aux interdépendances internalisées dans le réseau des retombées directes d'un SCT. Dans ce cadre du commerce international, un pays « est bien inséré dans le commerce international d'un produit si le réseau de ses partenaires commerciaux en exportation est dense, dans le sens où les connexions entre ces partenaires [...] révèlent de fortes circularités relativement à celles qui existent dans l'ensemble du commerce international de ce bien » (Lebert et El Younsi, 2013, p.10). Cela vaut de même pour les flux de connaissances.

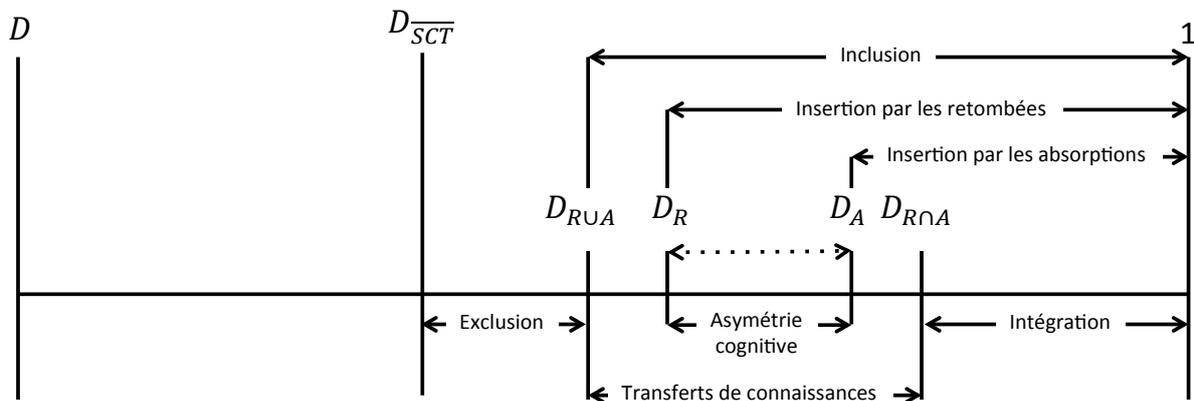
- **L'insertion par les absorptions** : $A_i = \frac{1-D_{A_i}}{1-D_{SCT_i}}$ correspond aux interdépendances internalisées dans le réseau des absorptions directes d'un SCT. Pour Lebert et El Younsi (2015) symétriquement au réseau précédent, il permet d'étudier l'insertion d'un pays dans le commerce international par les importations. De la même manière, dans le cadre des structures d'échanges de connaissances, cela permet de valoriser les synergies externes au SCT qui permettent de produire des inputs nécessaires à son développement.

- **L'asymétrie cognitive** : $S_i = \frac{D_{A_i}-D_{R_i}}{1-D_{SCT_i}}$ correspond à l'écart entre l'insertion par les retombées et l'insertion par les absorptions. Cela permet de mesurer un déficit ou un excédent cognitif. Autrement dit, cela montre si un SCT dépend plus des synergies externes qui lui servent d'input qu'il ne contribue aux synergies externes qui constituent son output cognitif.

- **Transferts de connaissances** : $F_i = \frac{D_{M_i \cap X_i} - D_{M_i \cup X_i}}{1 - C_i}$ correspond à l'écart entre l'intégration et l'inclusion. Cela permet de mesurer la part des synergies liées à une relation unilatérale avec l'environnement de connaissances.
- **L'exclusion** : $E_i = \frac{D_{M_i \cup X_i} - C_i}{1 - C_i}$ correspond aux synergies qui ne bénéficient à aucune des relations directes que le SCT entretient avec son environnement de connaissances.

L'ensemble des ces indicateurs se repère ainsi sur l'axe des mesures de l'égoцентриté :

Figure 49 : Les mesures de l'influence (3)



Cette première série d'indicateurs permet d'explorer ce que se passe à l'intérieur du réseau égoцентриré du SCT. Il reste à présenter de nouveaux indicateurs qui permettent quant à eux d'explorer la relation du SCT avec son réseau égoцентриré. Si les mesures relatives au réseau égoцентриré se calculent dans l'intervalle $[D_{SCT}, 1]$, les mesures relatives au SCT et à sa relation avec son réseau égoцентриré prennent des valeurs comprises entre D et D_{SCT} .

L'analyse de l'influence interne du SCT :

Il s'agit ici de mesurer l'interdépendance intra-partie (à l'intérieur du SCT) et inter-partie (entre le SCT et son réseau égoцентриré). Ces interdépendances permettent de mesurer la centralité de cohésion du SCT (Lebert *et al.*, 2016 ; Lebert et Meunier, 2017). Elle est ainsi

nommée car elle mesure les relations que le SCT établit à la fois en son sein et avec le reste de la structure.

C'est la partie située à gauche de D_{SCT} sur l'axe des mesures de l'influence qui permet d'analyser ces relations. C'est en effet sur cette partie de l'axe que les interdépendances entre le SCT et le reste de la structure peuvent être mesurées. Jusqu'à présent, l'analyse s'est contentée de valoriser l'interdépendance entre *ego* et *alter* afin de mesurer la centralité d'*ego* (centralité d'intermédiarité D. Lebert et El Younsi, 2015). Ici, l'objectif est de détailler les déterminants de cette interdépendance. Les mesures proposées expliquent la partie en gris sombre dans la figure 45.

Dans leur article de 2015, Lebert et El Younsi présentent la différence entre D et la valeur du cofacteur diagonal (dans cet article le réseau *ego* est assimilé à un pôle) comme une mesure de la centralité d'intermédiarité du pôle. Dans le cas d'une partition où la partie principale est constituée de plusieurs pôles, cette partie mesure à la fois les interdépendances entre la partie principale et la partie complémentaire qui ne sont pas incluses dans la partie complémentaire (théorème de la partition), aucune interdépendance n'étant incluse dans la partie principale. En effet, comme il a tout juste été montré, dans le cadre de l'analyse de l'égocentricité d'un pôle, les circularités incluses dans la partie complémentaire sont analysées dans l'intervalle entre la valeur du cofacteur diagonal et 1.

Cette centralité se note $C_i = \frac{C_i - D}{1 - D}$. Il est facile de comprendre que dans le cas d'une partition où la partie principale est définie comme un pôle (sans autarcie) les circularités au sein de ce pôle sont nulles. Toute l'interdépendance est donc uniquement liée aux circularités entre la partie principale et la partie complémentaire, et aux circularités dans la partie complémentaire. Néanmoins, dans le cas général, l'interdépendance entre deux parties dépend

de trois éléments : les circularités à l'intérieur de la partie principale, les circularités entre la partie principale et la partie complémentaire, et les circularités dans la partie complémentaire.

Dans l'analyse de l'égoцентриté d'un SCT, l'enjeu est donc de dissocier dans cette interdépendance entre le SCT et son réseau égoцентриté, ce qui relève des interdépendances internalisées par le SCT et celles que relèvent de la relation entre le SCT et son réseau égoцентриté. Cela équivaut à étudier la partie entre D et D_{SCT_i} , sur l'axe des mesures de l'influence.

Pour ce faire, un nouveau point de repère doit être fixé sur l'axe des mesures de l'influence. Il s'agit de K le produit des déterminants du SCT et de la partie complémentaire $K = D_{\overline{SCT}} \times D_{SCT}$. Or, d'après le théorème de la partition, K , le produit des déterminants de deux sous-parties, est supérieur ou égal à D ; et, comme D_{SCT} est inférieur ou égal à 1, K est inférieur ou égal à $D_{\overline{SCT}}$. Donc, K permet de distinguer deux espaces à gauche de $D_{\overline{SCT}}$ et de mettre en évidence deux nouveaux indicateurs.

Tout comme précédemment, la philosophie de ces indicateurs est de valoriser, pour un SCT, i deux phénomènes structuraux en fonction des valeurs de leurs interdépendances. Ces indicateurs permettent d'appréhender les circularités comprises entre D et $D_{\overline{SCT}}$. C'est pourquoi ils sont mesurés en rapport à cet écart. Tandis que la centralité de cohésion dans son ensemble est mesurée en fonction de $1 - D$. Quand K tend vers $D_{\overline{SCT}}$, cela signifie que le SCT internalise peu de circuits et inversement. Il se distingue donc deux composantes de la centralité de cohésion : celle qui relève des interdépendances inter-parties appelée centralité de cohésion externe et celle qui relève des interdépendances intra-partie appelée centralité de cohésion interne.

- **Centralité de cohésion externe** $N_i = \frac{K-D}{D_{\overline{SCT}_i}-D}$ correspond aux interdépendances entre les parties. La différence entre K et D mesure la part des interdépendances entre le SCT et \overline{SCT} . L'ensemble de ces **interactions** est déterminé par les circuits définissant le réseau égocentré d'intégration car par définition il n'y a interdépendance avec un pôle que si ce dernier est lié par un circuit, c'est-à-dire par une relation bilatérale.
- **Centralité de cohésion interne** : $O_i = \frac{D_{\overline{SCT}_i}-K}{D-D_{\overline{SCT}_i}}$ correspond aux interdépendances internalisées dans le SCT. La différence entre $D_{\overline{SCT}}$ et K mesure la part des interdépendances internalisées par le SCT par rapport à la somme des interdépendances au sein du SCT et entre le SCT et ses réseaux égocentrés. Elle mesure l'**autosuffisance** du SCT.
- **La centralité de cohésion**: $C_i = \frac{D_{\overline{SCT}_i}-D}{1-D}$ correspond à la fois aux interdépendances internalisées dans le SCT et aux interdépendances entre les parties. Pour un pôle, cette mesure a déjà été mise en évidence par D. Lebert et H. El Younsi (2015) sous le nom de centralité d'intermédiarité. Lorsqu'il s'agit d'un ensemble de pôles, elle représente la capacité de cet ensemble à contrôler les flux dans le reste de la structure grâce à sa cohésion interne ou à sa cohésion externe. C'est pourquoi elle se nomme centralité de cohésion.

Afin de gagner en clarté, les indicateurs de centralité de cohésion seront nommés en fonction de ce qu'ils désignent dans le cas d'une matrice de flux de connaissances c'est-à-dire l'interaction entre les connaissances du SCT et le reste de la structure d'une part, et l'autosuffisance des flux de connaissances internes au SCT d'autre part.

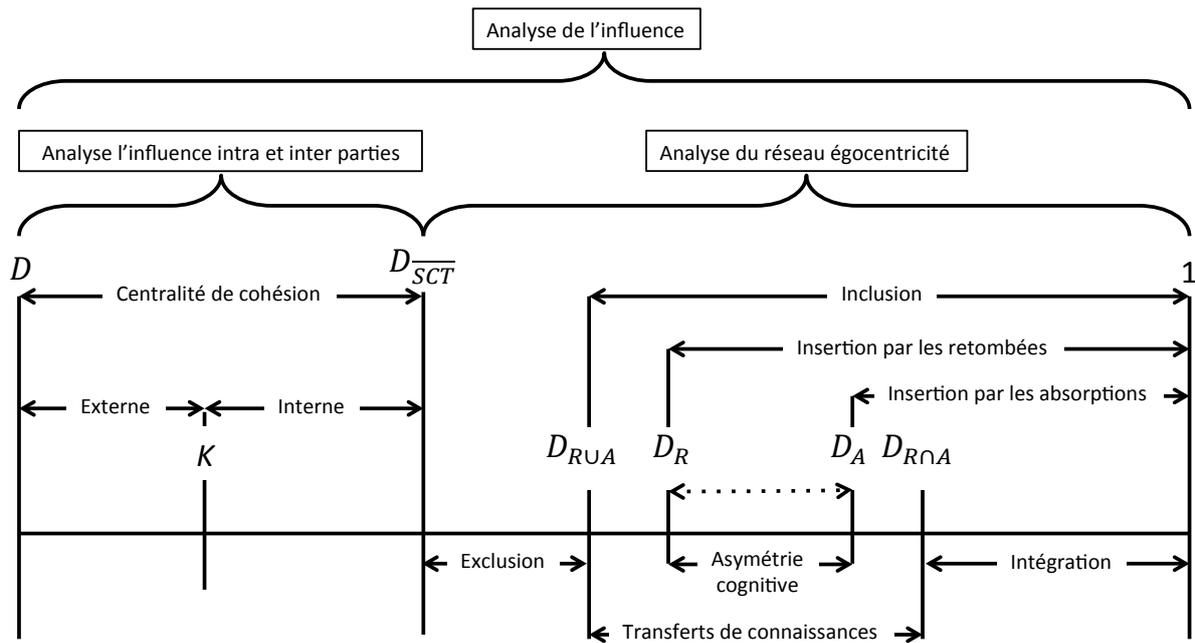
Tableau 12 : Les indicateurs portant sur les interdépendances intra et inter-parties

Indicateurs	Mesures
la centralité de cohésion externe : interaction	$N_i = \frac{K - D}{D - D_{SCT_i}}$
la centralité de cohésion interne : autosuffisance	$O_i = \frac{D_{SCT_i} - K}{D - D_{SCT_i}}$
la centralité de cohésion	$C_i = \frac{D_{SCT_i} - D}{1 - D}$

Les mesures de l'influence se répartissent donc en deux ensembles qui se distribuent sur l'axe des mesures de l'influence. D'une part, il y a les mesures qui permettent d'analyser le réseau égocentré et, d'autre part, celles qui permettent d'analyser la centralité de cohésion du SCT. Ensemble, elles permettent d'établir un panorama complet des interactions d'un SCT dans la matrice des flux technologiques.

Calculées de manière globale, ces mesures ne sont pas à proprement parler des indicateurs du niveau de dualité des SCT mais permettent de contextualiser l'analyse. Afin d'obtenir une information sur la dualité des SCT, il convient de mesurer la contribution de la défense aux différentes composantes de l'influence des SCT. C'est à cela que la section suivante est consacrée.

Figure 50 : Les mesures de l'égocentricité (4)



2. L'analyse duale de l'influence

Dans cette section, le lecteur découvrira les précautions méthodologiques qui permettent d'adapter les mesures qui viennent d'être présentées à l'étude de la dualité et quels type d'informations cela permet d'obtenir sur la relation d'un SCT « défense » avec son environnement. Puis, ces mesures seront appliquées aux 26 SCT et seront discutées.

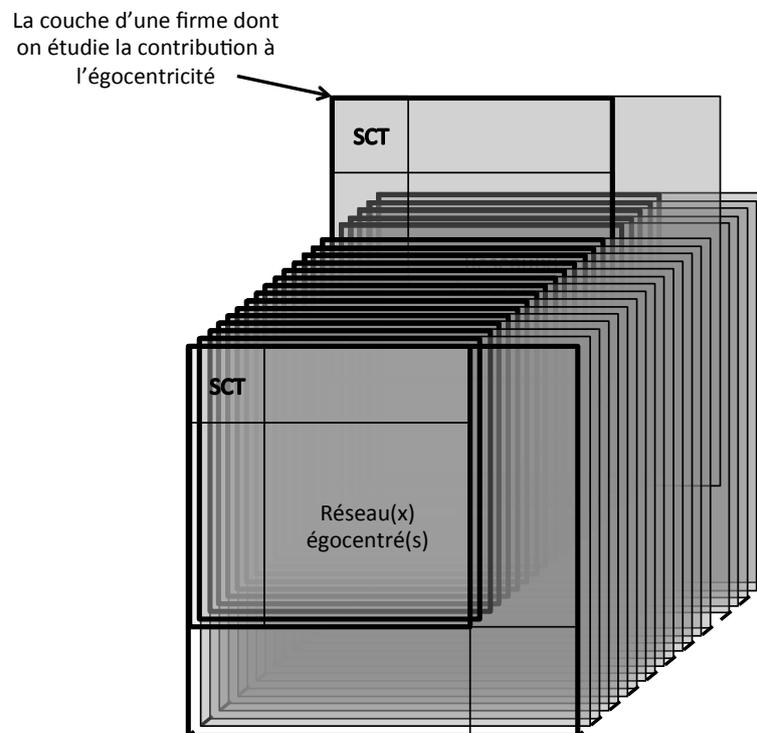
2.1. Les indicateurs

L'application des mesures de l'influence à l'étude de la dualité des SCT ne repose pas sur la création de nouveaux indicateurs mais sur une analyse de la « contribution ». Cette contribution permet de mesurer le rôle de différents éléments (par exemple les firmes) sur la structure globale. Il s'agit ensuite de proposer une interprétation précautionneuse des indicateurs présentés ci-dessus en fonction de cette contribution. La contribution constitue alors non seulement un nouvel indicateur de la dualité des SCT, mais aussi un moyen de commencer à tracer les périmètres des SDI qui leur correspondent.

La contribution :

Pour aborder la notion de contribution, il faut se représenter la construction de la matrice complète comme la somme des matrices propres à chacune des firmes. Autrement dit, la structure des échanges de connaissances technologiques est un multi-graphe qui se compose d'autant de graphes qu'il existe de firmes au sein de la base de données. En considérant chaque graphe de firme comme une couche, la matrice globale est donc la somme de toutes les couches firmes (Figure 51).

Figure 51 : La contribution des couches à l'égoцентриté



La structuration globale des flux de connaissances est fonction de la structuration des flux propres à chaque firme, ce qui permet d'évaluer dans quelle mesure la structuration des connaissances propres à une firme contribue à la structuration globale des connaissances. En définitive, **la contribution d'une couche à l'influence s'appréhende au travers d'un sous-graphe (certains pôles) partiel (les coefficients des pôles relatifs à une couche).**

L'environnement de connaissances défense :

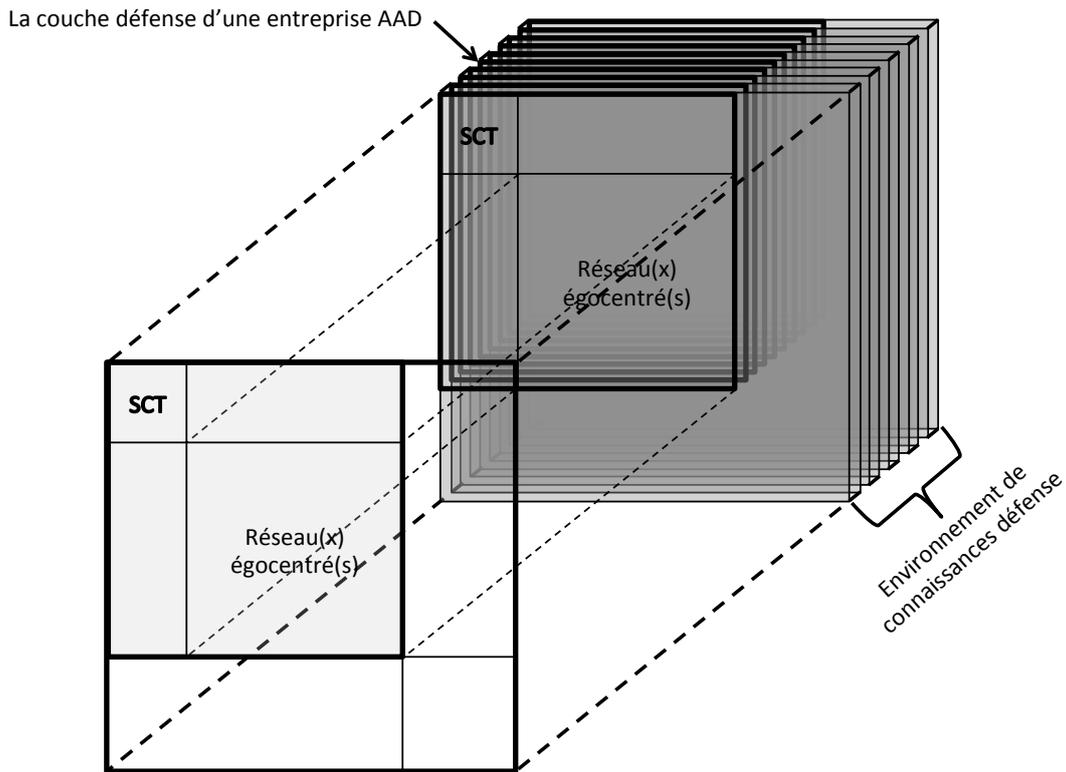
De la même manière que pour les couches des entreprises il est possible de calculer la contribution de l'ensemble d'un environnement de connaissances. C'est tout l'intérêt de cet outil qui permet ainsi de savoir pour chaque SCT lequel des deux environnements de connaissances (civil ou défense) contribue le plus aux scores d'influence des SCT.

Pour construire l'environnement de connaissances défense, il est nécessaire de reprendre les pondérations des couches utilisées dans le chapitre 3. Elle permet de considérer la valeur des liaisons technologiques d'une firme en fonction de la part de chiffre d'affaires que cette entreprise réalise dans la sphère défense (*cf.* chapitre 3 pour plus de détail sur la méthode). Ainsi, toutes choses égales par ailleurs, les liaisons technologiques d'une entreprise très spécialisée dans le domaine de la défense sont plus fortement valorisées au sein de cet environnement que celles réalisées dans une entreprise plus orientée vers des applications civiles.

De cette manière, les couches des firmes AAD sont divisées en deux groupes, le premier groupe constitue l'environnement de connaissances défense. Tandis que le second groupe est simplement considéré comme une composante de l'environnement de connaissances global qui, faute de terme plus adéquat, est appelé environnement de connaissances civil. Chaque groupe peut être considéré comme une couche dont la valeur des coefficients est égale à la somme des coefficients des couches qui le composent. Ainsi, la couche de l'environnement de connaissances défense permet de calculer, par SCT, la contribution de la défense aux différents phénomènes structuraux répertoriés plus haut.

L'environnement de connaissances défense et l'environnement de connaissances civil sont donc les deux parties strictement complémentaires de l'environnement de connaissances global.

Figure 52 : La contribution à l'égocentricité



Les mesures de la contribution :

Pour calculer la contribution d'une firme ou d'un environnement de connaissances composé d'un ensemble de firmes, il est nécessaire de calculer les coefficients technologiques de chaque couche à partir des flux de connaissances bruts correspondant à chaque firme. Néanmoins, afin de garantir que la somme des coefficients technologiques des couches firmes corresponde aux coefficients technologiques de la matrice agrégée, ces coefficients doivent être calculés en fonction des marges de la matrice agrégée (*cf.* chapitre 3 pour le calcul et le rôle des marges dans le calcul des coefficients technologiques). Ainsi, la matrice d'une couche firme permet bien d'étudier la contribution d'une firme aux différents phénomènes structuraux observés et mesurés au niveau agrégé.

Par exemple, si au sein d'un SCT la totalité des flux comptabilisent une valeur de 1000, que l'entreprise *X* est à l'origine de 100 flux au sein de ce SCT et qu'au sein de l'entreprise *X* les flux entre les classes technologiques *A* et *B* (classes technologiques du

SCT) valent pour 50 unités, alors la contribution de la firme au SCT est de 0,1 et celle des flux entre *A* et *B* au sein de l'entreprise *X* est de 0,05.

A chaque couche correspondent des coefficients technologiques qui permettent d'appréhender les propriétés structurales des couches et ainsi de comprendre dans quelle mesure les entreprises contribuent aux propriétés de la structure d'échanges globale. Par exemple, dans le cadre de l'influence la formule de la contribution de *c* à l'intégration du SCT *i* se calcule telle que :

$$T_i^c = \frac{1 - D_{R_i \cap A_i}^c}{1 - D_{SCT_i}^c}$$

Cela correspond à la valeur de l'intégration pour le SCT *i* dans la matrice globale pour la couche de l'environnement de connaissances *c*. Elle est calculée en fonction de $1 - D_{SCT_i}^c$ afin que cette contribution soit bien une part de ce qui se produit dans la structure globale.

Tableau 13 : Les mesures de contribution

Indicateurs des contributions :	Mesures :
l'intégration	$T_i^c = \frac{1 - D_{R_i \cap A_i}^c}{1 - D_{SCT_i}^c}$
l'inclusion	$I_i^c = \frac{1 - D_{R_i \cup A_i}^c}{1 - D_{SCT_i}^c}$
l'insertion par les retombées	$R_i^c = \frac{1 - D_{R_i}^c}{1 - D_{SCT_i}^c}$
l'insertion par les absorptions	$A_i^c = \frac{1 - D_{A_i}^c}{1 - D_{SCT_i}^c}$
l'asymétrie cognitive	$S_i^c = \frac{D_{A_i}^c - D_{R_i}^c}{1 - D_{SCT_i}^c}$
transferts de connaissances	$F_i^c = \frac{D_{R_i \cap A_i}^c - D_{R_i \cup A_i}^c}{1 - D_{SCT_i}^c}$

l'exclusion	$E_i^c = \frac{D_{R_i \cup A_i}^c - D_{SCT_i}}{1 - D_{SCT_i}}$
l'interaction	$N_i^c = \frac{K_i^c - D}{1 - D_{SCT_i}}$
l'autosuffisance	$O_i^c = \frac{D_{SCT_i} - K_i^c}{1 - D_{SCT_i}}$
la centralité de cohésion	$C_i^c = \frac{D_{SCT_i} - D}{1 - D}$

La contribution relative :

Une autre manière d'aborder la contribution est de directement considérer les mesures de la contribution en fonction des indicateurs calculés dans la structure globale. Cette contribution relative est notamment pertinente pour calculer la contribution des firmes mais, elle n'a que peu d'intérêt dans le cas des environnements de connaissances car ils sont strictement complémentaires.

Dans ce cas, la simple contribution devient le numérateur. Elle est rapportée à la valeur de la mesure dans la structure globale. Elle se calcule telle que : $\frac{1 - D_{R_i \cap A_i}}{1 - D_{SCT_i}}$:

$$T_i^{cr} = \frac{1 - D_{R_i \cap A_i}^c}{1 - D_{SCT_i}^c} \bigg/ \frac{1 - D_{R_i \cap A_i}}{1 - D_{SCT_i}}$$

$$T_i^{cr} = \frac{1 - D_{R_i \cap A_i}^x}{1 - D_{R_i \cap A_i}}$$

Cela permet de calculer la contribution relative *cr* d'une firme à l'intégration. De cette manière, pour un SCT *i*, il est possible de calculer la contribution relative de toutes les firmes

à l'intégration, les formules se calculent alors pour toutes les autres mesures de l'égoцентриté selon le même modèle (Tableau 13).

Tableau 14 : Les mesures de contribution relative

Indicateurs des contributions relatives :	Mesures
l'intégration	$T_i^{cr} = \frac{1 - D_{R_i \cap A_i}^x}{1 - D_{R_i \cap A_i}}$
l'inclusion	$I_i^{cr} = \frac{1 - D_{R_i \cup A_i}^x}{1 - D_{R_i \cup A_i}}$
l'insertion par les retombées	$R_i^{cr} = \frac{1 - D_{R_i}^x}{1 - D_{R_i}}$
l'insertion par les absorptions	$A_i^{cr} = \frac{1 - D_{A_i}^x}{1 - D_{A_i}}$
l'asymétrie cognitive	$S_i^{cr} = \frac{D_{A_i}^x - D_{R_i}^x}{D_{A_i} - D_{R_i}}$
transferts de connaissances	$F_i^{cr} = \frac{D_{R_i \cap A_i}^x - D_{R_i \cup A_i}^x}{D_{R_i \cap A_i} - D_{R_i \cup A_i}}$
l'exclusion	$E_i^{cr} = \frac{D_{R_i \cup A_i}^x - D_{SCT_i}^x}{D_{M_i \cup X_i} - D_{SCT_i}}$
l'interaction	$N_i^{cr} = \frac{K_i^x - D}{K_i - D}$
l'autosuffisance	$O_i^{cr} = \frac{D_{SCT_i}^x - K_i^x}{D_{SCT_i} - K_i}$
la centralité de cohésion	<i>La contribution relative à la centralité de cohésion est par construction toujours égale à 1</i>

Contribution à l'influence des SCT :

A ce stade, deux précisions doivent être apportées sur la méthode. D'abord, **pour le calcul de la contribution relative d'une entreprise au réseau égoцентриré d'un SCT, le périmètre du réseau égoцентриré est celui de la firme**. Pour chaque entreprise, le périmètre

des liaisons directes est établi afin de définir un réseau égocentré qui lui est propre. Ce périmètre est forcément compris dans le périmètre du réseau égocentré établi à partir de la structure globale. C'est-à-dire que le réseau égocentré n'est par forcément constitué des mêmes classes technologiques (c'est-à-dire des mêmes pôles) quelle que soit l'entreprise évaluée. Cela permet de s'assurer que les synergies considérées dans le réseau égocentré sont bien celles qui, à l'échelle de la firme, entrent en relation avec le SCT dans le processus de production de connaissances. Ceci permet de rendre les scores comparables entre les couches tout en s'assurant que les résultats des contributions relatives soient bien le reflet de l'implication de la firme dans le réseau égocentré. Si le périmètre avait été celui de la structure globale pour toutes les firmes, alors des synergies auraient été allouées au réseau égocentré d'une firme alors que cette dernière n'établit pas de relations entre ces pôles et le SCT.

Ensuite, **la valeur du déterminant de la partie complémentaire D_{SCT_i} est toujours celle prise dans la structure globale.** Ceci afin que la contribution relative des firmes soit calculée en fonction de la même base et que les mesures soient bien une part du score obtenu dans la structure globale.

Il est important de noter que, puisque la borne D_{SCT_i} est toujours la même qu'il s'agisse de l'environnement global ou de l'environnement de n'importe quelle firme, **le ratio de contribution relative à la centralité de cohésion est strictement égal à 1 quelle que soit l'entreprise étudiée.**

Précautions méthodologiques :

Dans une perspective allant au-delà des questions strictement liées à la dualité, l'analyse des matrices de flux de connaissances montre qu'il existe un biais sectoriel ou

technologique dans la production de brevets ce qui oblige à prendre certaines précautions dans l'interprétation des résultats de l'analyse de l'égoцентриté.

En effet, des travaux exploratoires au sein de la base de données montrent de grandes disparités dans les interdépendances entre certaines classes technologiques. Certains domaines technologiques se révèlent structurellement plus interdépendants. Par conséquent, comme le montre l'annexe 4, il y a de grandes disparités dans le poids des circularités d'un secteur d'activité à un autre. Pour cette raison, comparer le rôle de firmes appartenant à différents secteurs d'activité dans les dynamiques d'innovation de SCT eux même répartis dans des domaines technologiques très divers nécessite des précautions.

En effet, une entreprise dont le secteur d'activité correspond à des domaines technologiques fortement interdépendants et dominés par la stratégie de dépôt de brevets (équipement électronique, *cf.* Annexe 4) se trouve, par construction, dirigée vers le haut des classements alors même que sa contribution, relativement aux entreprises du même secteur peut être relativement faibles et inversement pour une entreprise appartenant à un secteur qui intègre peu de circularités (p.ex. l'automobile).

Dans l'analyse de l'influence, deux sous-graphes sont analysés, le SCT d'une part, et le réseau égoцентриté d'autre part. Or, la manière dont ce biais joue sur l'analyse de ces deux parties n'est pas la même. Dans le cas du SCT, l'impact est relativement faible car les SCT sont composés d'un nombre réduit de technologies, dont le nombre a été déterminé à partir des synergies observées dans la sphère défense, ce qui intègre un biais dès l'origine de l'analyse. De plus, le petit nombre de technologies ne dépend pas du périmètre de l'entreprise, mais des technologies du SCT. Autrement dit, d'une entreprise à l'autre, ce sont exactement les mêmes technologies qui sont prises en compte pour évaluer toutes les entreprises (même si toutes les entreprises ne sont pas actives dans toutes les technologies du SCT). Alors, toutes

choses égales par ailleurs, si une entreprise ne dépose pas de brevet dans une des technologies du SCT, son rôle est moins élevé qu'une entreprise qui dépose dans toutes les classes technologiques du SCT, et inversement. Ce qui semble être le strict reflet d'une réalité pertinente à prendre en compte.

En revanche, pour le réseau égocentré, il est possible qu'une entreprise ou un ensemble d'entreprises ajoutent des liaisons technologiques spécifiques à leur activité d'innovation. Or, comme cela a été dit précédemment, il existe de fortes disparités structurelles dans les interdépendances technologiques d'un domaine à l'autre. Par conséquent, **en fonction de l'activité d'innovation des firmes, certaines ayant une activité dans les domaines les plus interdépendants seront structurellement plus influentes quel que soit le SCT étudié.** Il est donc important de prendre en compte cet élément afin de pouvoir comparer les entreprises entre elles et afin de repérer celles qui sont réellement les plus contributrices, en fonction de leur domaine d'activité.

Plusieurs solutions s'offrent :

- Calculer l'influence des domaines technologiques dans les réseaux égocentrés plutôt que celles des firmes, cela classerait les domaines en fonction de leur contribution mais ferait perdre l'information sur le nom des firmes ce qui est dommageable surtout pour commencer à tracer le périmètre du SDI. De plus les domaines les plus interdépendants seraient toujours fortement favorisés ;
- Calculer l'influence des firmes dans les réseaux égocentrés par domaine d'activité, mais cela revient à calculer la contribution pour tous les SCT (26), selon tous les indicateurs (8) et pour tous les domaines d'activité (la commission européenne retient trente sous domaines technologiques), soit un total de $(25 \times 8 \times 30)$ 6240 tableaux à

analyser tout en sachant que les classements d'entreprises d'un domaine à l'autre ne seraient alors pas comparables.

- Calculer l'influence des firmes dans les réseaux égocentrés et, pour chaque firme, n'interpréter ce résultat que relativement aux scores d'influence de la firme pour les autres SCT. Cela permet d'étudier le cas d'une firme et de rendre comparable les firmes entre elles sans nécessiter de calcul supplémentaire. Néanmoins, les scores d'un SCT à l'autre sont très proches pour une même firme et cela ne s'avère pas suffisant pour corriger les disparités entre firmes liées aux différences structurelles qui existent entre les technologies.
- Calculer l'influence dans les réseaux égocentrés des entreprises en prenant en compte les disparités structurelles qui existent dans les interdépendances en fonction des technologies concernées. Pour cela, il suffit de pondérer le score des firmes d'un secteur par le poids moyen des circularités dans le secteur auquel elles appartiennent. Ainsi les firmes appartenant aux secteurs bénéficiant structurellement des circularités les plus fortes seront plus fortement pondérées que celles appartenant à des secteurs où ces interdépendances sont moins fortes. Cela permet de corriger le biais, de conserver l'information sur le nom des firmes et de les comparer entre elles sans pour autant trop compliquer le calcul et l'interprétation. L'intérêt est *in fine* de ne pas avoir un classement qui ne serait que le reflet des circularités structurellement présentes dans un secteur, mais de classer les entreprises entre elles et en fonction de leur positionnement dans leurs secteurs.

Pour cette thèse, c'est donc la dernière solution qui a été privilégiée. Concrètement, cela se traduit par l'introduction d'une étape supplémentaire dans le calcul des contributions

qui consiste pour chaque pôle à diviser les coefficients de chaque firme par la valeur moyenne dans le secteur.

L'influence et la contribution à l'influence dans le cadre d'une analyse de la dualité :

D'un point de vue analytique, il est nécessaire de mettre en perspective les mesures globales de l'influence d'un SCT avec les différentes formes de contribution à l'influence de ce SCT.

Tout d'abord, il y a **les scores d'influence calculés au niveau de la structure globale qui caractérisent technologiquement le SCT**. Ces indicateurs informent sur l'influence des SCT sur leur environnement de connaissances. Ils ne donnent pas à proprement parler d'information sur la dualité des SCT, mais offrent une information sur les relations technologiques que chaque SCT entretient avec son environnement de connaissances ce qui constitue une information importante afin de contextualiser l'analyse de la dualité.

Ensuite, il y a **la contribution des environnements de connaissances aux différents scores d'influence des SCT qui confère une information sur la dualité du SCT**. Comme cela a été précisé précédemment, les SCT étudiés ici étant *a priori* défense, plus leur trajectoires technologiques dépendent de l'environnement de connaissances défense moins ils sont duaux (et inversement). Ces indicateurs de contribution sont les seuls proposés dans cette section qui permettent de mesurer le potentiel dual des SCT et de les comparer entre eux de manière quantitative. En la matière tous les indicateurs de l'influence ne sont pas pertinents et seuls certains d'entre eux seront retenus dans la suite de l'analyse.

Enfin, **les mesures de l'influence calculées couche après couche, c'est-à-dire firme après firme, permettent de mesurer pour chaque SCT quelle firme participe le plus à tel phénomène structural**. C'est ce simple classement qui permet de mesurer l'importance de chaque firme au sein du SDI relatif à chaque SCT. C'est alors que la distinction entre firme de

défense et firme civile doit être prise en compte afin de mesurer l'importance des firmes dans les SDI de manière pertinente. La participation d'une firme défense à un SCT défense ne peut être considérée de la même manière que celle d'une entreprise civile à ce même SCT, ce qui a une importance sur le rôle des différentes firmes dans le SDI. En accord avec ce cadre d'analyse, l'appartenance d'une firme civile ou défense au SDI doit être évaluée avec précaution. Comme il a été dit, l'objectif ici est plutôt de montrer la pertinence de ces outils en général plutôt que de fournir une analyse précise des résultats. En effet, il apparaîtrait abusif de tirer des conclusions sur le rôle d'une entreprise au sein d'un SDI sans associer cette analyse à une étude monographique. C'est un des prolongements envisagés pour cette thèse.

2.2. Analyse de la dualité des SCT

Il s'agit d'appliquer les mesures de l'influence aux 26 SCT et de calculer les contributions relatives des entreprises de notre base et la contribution de l'environnement de connaissances défense afin de mieux qualifier le potentiel dual.

Description des données d'influence pour la période 2010-2012 :

Il s'agit d'abord des résultats toutes entreprises confondues et par SCT. Les résultats complets des mesures de l'influence pour les 26 SCT sont disponibles dans l'annexe 5. Cette annexe présente les résultats calculés dans l'environnement de connaissances global, les résultats de contribution de l'environnement de connaissances défense et enfin les résultats de la contribution relative de l'environnement de connaissances défense aux mesures de l'influence dans l'environnement de connaissances global. Ils permettent de dresser le panorama de l'influence des SCT et d'étudier leur dualité.

Tableau 15 : Les statistiques d'influence dans l'environnement de connaissances global

	Environnement de connaissances global		
	Moyenne	Ecart type	Médiane
la centralité de cohésion	0,000178927	0,000133356	0,00012316
Autosuffisance	0,365967598	0,132997969	0,362595759
Interaction	0,634032402	0,132997969	0,637404241
Inclusion	0,999867596	0,000143054	0,999962201
Insertion par les absorptions	0,999600991	0,000481901	0,999918591
Insertion par les retombées	0,99957349	0,000321269	0,999672686
Asymétrie	-2,74792e-05	0,000279087	-8,3999e-05
Intégration	0,999185396	0,000782634	0,999596134
Transfert de connaissances	0,0006822	0,000644554	0,000352412

Tableau 16 : Les statistiques des contributions de défense à l'influence

	Environnement de connaissances défense		
	Moyenne	Ecart type	Médiane
la centralité de cohésion	0,000178971	0,000133393	0,00012316
Autosuffisance	0,019609857	0,033089656	0,362595759
Interaction	0,038591981	0,013838245	0,999596134
Inclusion	0,046815432	0,009375126	0,999962201
Insertion par les absorptions	0,041540685	0,013915662	0,999918591
Insertion par les retombées	0,043686234	0,009275805	0,999672686
Asymétrie	0,002145547	0,006152588	-0,000106503
Intégration	0,980372397	0,033057292	0,637404241
Transfert de connaissances	0,00822345	0,00695133	0,000352412

Tableau 17 : Les statistiques des contributions relatives à l'influence des firmes civiles

	Firmes civiles		
	Moyenne	Ecart type	Médiane
la centralité de cohésion	1	1	1
Autosuffisance	0,000139356	0,000902637	2,1767e-07
Interaction	1,23949e-06	1,23949e-06	2,65749e-09
Inclusion	3,00511e-06	3,00511e-06	2,03123e-08
Insertion par les absorptions	1,85263e-08	1,04326e-05	3,7632e-09
Insertion par les retombées	2,41456e-06	1,32275e-05	1,85263e-08
Asymétrie	-0,03384418	0,264274264	-0,000122132
Intégration	3,61358e-05	0,000114006	4,18961e-07
Transfert de connaissances	0,017585971	0,092741744	0,000150768

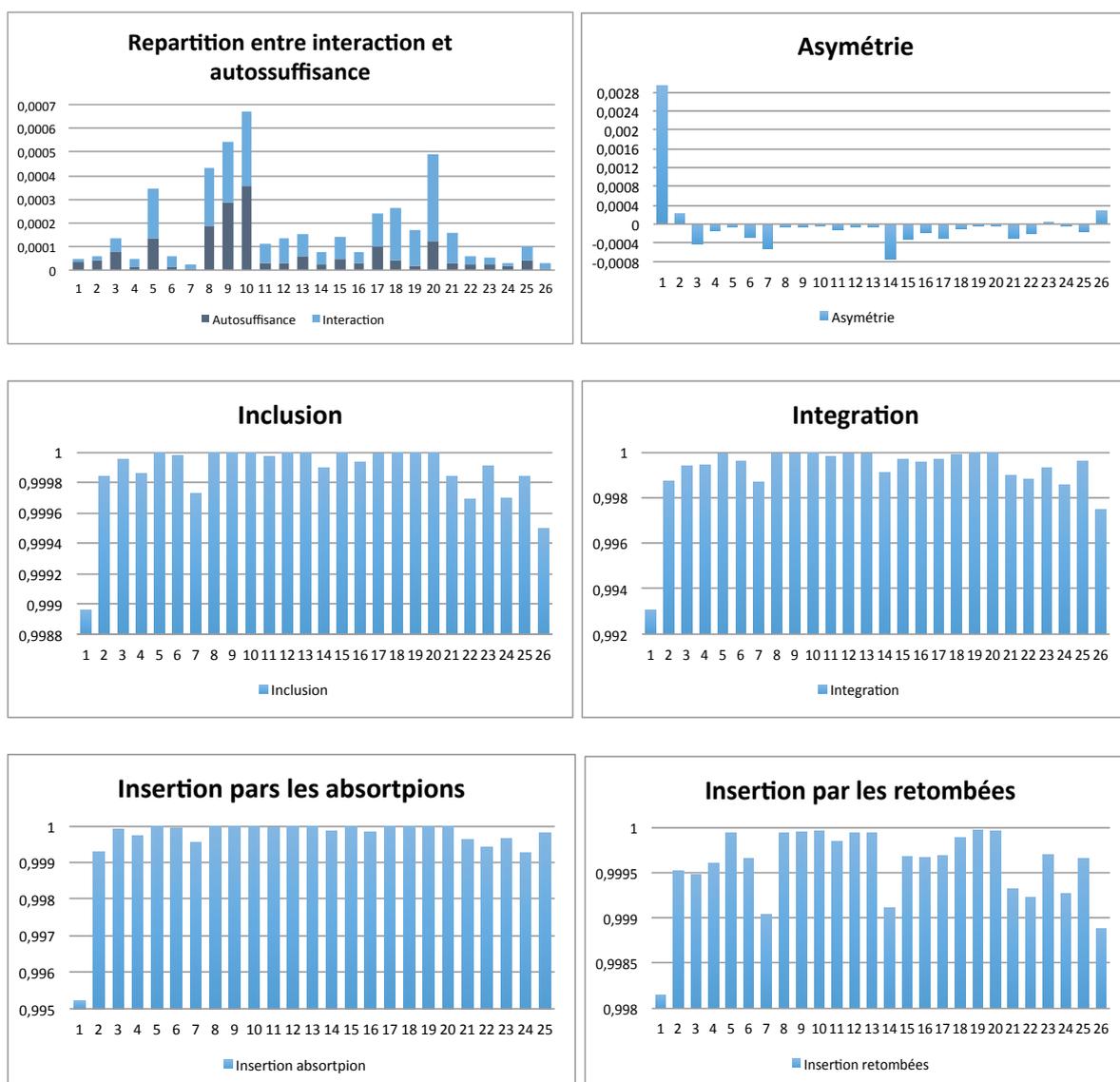
Tableau 18 : Les statistiques des contributions relatives à l'influence des firmes de défense

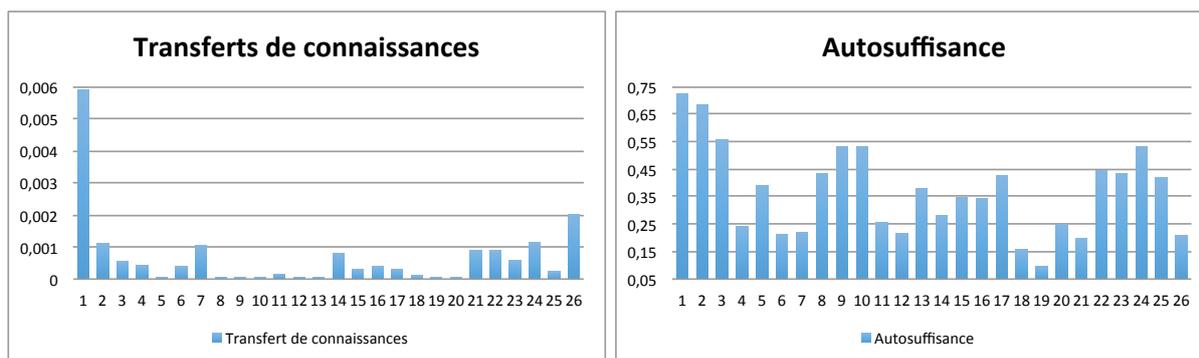
	Firmes de défense		
	Moyenne	Ecart type	Médiane
la centralité de cohésion	1	1	1
Autosuffisance	0,002108203	0,003726203	0,000238446
Interaction	3,61358e-05	0,000114006	4,18961e-07
Inclusion	7,38729e-05	0,000226753	4,18961e-07
Insertion par les absorptions	4,50818e-05	0,000143075	9,45143e-08
Insertion par les retombées	6,39414e-05	0,000189686	2,37796e-07
Asymétrie	-0,882353429	2,963863506	-0,00250378
Intégration	3,61358e-05	0,000114006	4,18961e-07
Transfert de connaissances	0,254334561	0,666396714	0,002134945

Analyse des résultats dans l'environnement de connaissances global :

Les graphiques ci-dessous représentent les scores d'influence des 26 SCT dans l'environnement de connaissances global. Les huit graphiques reprennent les résultats des indicateurs calculés dans l'environnement de connaissances global. Pour plus de lisibilité l'interaction et l'autosuffisance sont présentées en tant que pourcentage de la centralité de cohésion, tandis que l'exclusion étant strictement égale à la partie complémentaire à 1 de l'inclusion elle n'est pas représentée.

Figure 53 : Influence des 26 SCT dans l'environnement de connaissances global





Premièrement, cette représentation des données montre une grande homogénéité dans la structuration de l'influence des SCT dans l'environnement de connaissances global. C'est avant tout les informations relatives à la répartition entre l'interaction et l'autosuffisance au sein de la centralité d'intermédiarité, ainsi que le score de la centralité d'intermédiarité en tant que tel qui permettent de clairement distinguer des différences même si dans l'ensemble ces scores montrent que la centralité d'intermédiarité est avant tout liée à l'interaction. Par ailleurs, les scores de l'égoцентриté sont quant à eux très similaires. Néanmoins, le seul SCT à se distinguer sur tous les plans et notamment par ses scores d'égoцентриté c'est le SCT1 dont l'interaction (0,27621) traduit une très faible relation avec le reste de l'environnement de connaissances et dont les scores d'insertion par les absorptions ou les retombées (0,99521 et 0,99815) ainsi que les scores d'intégration et d'inclusion (0,99304 et 0,99895) montrent que les technologies auxquelles ce SCT est relié ne sont pas très interdépendantes entre elles. Ceci signifie que ce SCT est lié à peu de synergies dans le reste de la structure. Ainsi, la très forte asymétrie positive dont seul ce SCT bénéficie (0,00293) ne porte que sur la *portion congrue* de l'environnement de connaissances du SCT. Enfin le SCT 1 présente un très fort niveau de transfert de connaissances (0,00591) ce qui, comme pour le cas précédent, porte sur une partie infime de l'environnement de connaissances mais laisse à penser que ce SCT est l'intermédiaire de deux ensembles de connaissances qui partagent peu de synergies entre eux.

Deuxièmement, cette présentation permet de confirmer la spécificité des SCT 1 et 2 au niveau de leur organisation interne déjà mise en avant dans le chapitre précédent. En effet, ces

deux SCT présentent une très faible centralité d'intermédiarité (0,00005 et 0,00013) qui en plus est marquée par une prépondérance de l'autosuffisance (0,68422 et 0,558608). Ce qui signifie que leur dynamique d'innovation dépend avant tout d'innovations provenant des classes technologiques qui le composent aujourd'hui. Cette prépondérance des circularités internes est une des caractéristiques du secteur « aérospatial et défense » qui pour la période 2010-2012 se situe au deuxième rang des secteurs qui intègrent le plus de circularités. Cela signifie que l'interdépendance entre les SCT et la partie complémentaire est pratiquement inexistante. En revanche, concernant l'égoцентриté, le SCT2 qui se compose pour partie du SCT1, montre que l'intégration de quelques technologies complémentaires permet de faire le lien avec le reste de l'environnement de connaissances. Et, caractéristique de cette relation uniquement partagée par les SCT 24 et 26, l'asymétrie présente un score positif. Cela signifie que, toute proportion gardée, ce sont les seuls SCT à produire au niveau global plus de synergie en aval (absorption) qu'en amont (retombées). Autrement dit, ils ont tendance à profiter aux dynamiques d'innovation des autres technologies plutôt qu'à puiser en elles. Cette description générale semble confirmer la spécificité défense des SCT 1 et 2, ou du moins leur relative indépendance technologique.

Troisièmement, les SCT 8, 9 et 10 constituent un autre ensemble. Leur profil semble tout à fait opposé à ce qui vient d'être décrit. En effet, si dans ce groupe comme dans le précédent, les scores d'autosuffisance sont élevés (0,43373 ; 0,53015 et 0,53202) ils sont couplés avec des scores de centralité d'intermédiarité très élevés (0,00043 ; 0,00054 et 0,00067) ce qui signifie que, contrairement au cas précédent, l'interaction entre ces SCT et la partie complémentaire de l'environnement de connaissances est importante et qu'*in fine*, ces SCT ont un fort impact sur le reste de la structure en contrôlant une grande quantité de flux.

Les autres SCT sont marqués par des scores d'autosuffisance plus faibles tout comme des niveaux de centralité d'intermédiarité bas à l'exception des SCT 5 et 20 qui profitent

d'une centralité d'intermédiarité relativement forte (0,00034 et 0,00049) mais, contrairement au cas précédent, ces scores sont associés à une faible part d'autosuffisance (0,38864 et 0,24889). Cela signifie que la capacité de ces SCT à influencer sur leur environnement est forte mais qu'elle passe plus par leur capacité à interagir avec le reste de l'environnement de connaissances plutôt que par les synergies qu'ils intègrent. Ce qui se renforce au travers de leurs scores élevés d'insertion, d'intégration et d'inclusion. Ce qui signifie que ces SCT interagissent avec des ensembles de connaissances eux-mêmes interdépendants.

Enfin, le dernier élément de contexte qui mérite d'être mis en avant, est l'asymétrie fortement négative pour trois SCT, 3, 7 et 14 (-0,00042 ; -0,00051 et -0,00074). Ce qui signifie que dans le processus de production de connaissances, ces SCT profitent tout particulièrement des synergies qui existent dans le reste de la structure des connaissances tandis qu'ils ne servent d'apport que pour très peu de synergies externes.

A l'échelle globale les enjeux associés à l'influence des SCT sont liés à :

- La centralité de cohésion, c'est-à-dire à la capacité d'un SCT à impacter la production de connaissances dans le reste de la structure. Mais aussi, à l'équilibre entre autosuffisance et interaction au sein de cette centralité d'intermédiarité, autrement dit, à la manière dont l'impulsion de cet impact se répartit entre structure interne du SCT et interdépendance avec le reste de l'environnement de connaissances.
- L'inclusion et à l'intégration, c'est-à-dire la valeur des synergies auxquelles chaque SCT est connecté. Cette information est complétée par le score de transfert de connaissances qui permet de mesurer l'écart entre la valeur des synergies qui ne se situent qu'en amont ou qu'en aval du SCT et celles qui se trouvent aux deux extrémités.
- L'asymétrie, c'est-à-dire la différence entre la valeur des synergies avals et celles des synergies amont d'un SCT.

La contribution de la défense à l'influence des SCT entre 2010 et 2012 :

Afin de représenter la contribution de la sphère défense aux scores qui viennent d'être présentés et ainsi de traiter, à proprement parler, de la question de la dualité, un certain nombre de données ont été sélectionnées en cohérence avec les enjeux qui viennent d'être présentés (Tableau 18). Les variables retenues sont :

- Pour le premier enjeu : l'autosuffisance. Ceci car, la contribution à l'interaction étant le strict complément à 1 de la contribution à l'autosuffisance pour une couche donnée elle n'apporte aucune information complémentaire.
- Pour le second enjeu : l'exclusion (qui est le parfait complément à 1 de l'inclusion), l'intégration et le transfert de connaissances. L'exclusion a été préférée à l'inclusion car comme cela les trois variables retenues permettent de couvrir l'ensemble de l'axe de l'égoцентриté.
- Pour le troisième enjeu : l'asymétrie.

Tableaux 19 : Les contributions défense à l'influence :

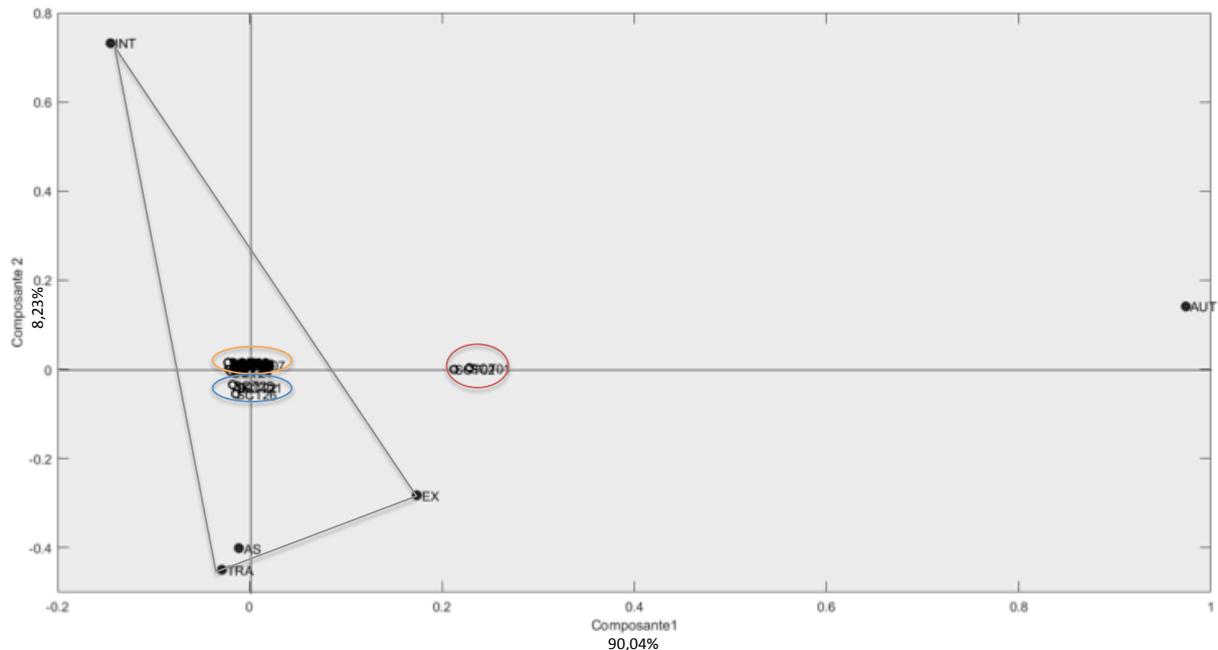
SCT	Autosuffisance	Exclusion	Intégration	Transfert de connaissances	Asymétrie
1	0,243147	0,990498	0,008059	0,001443	-0,001055
2	0,226238	0,990751	0,008380	0,000868	-0,000513
3	0,005628	0,948035	0,051035	0,000930	-0,000914
4	0,000598	0,946730	0,050462	0,002808	-0,002284
5	0,000033	0,944788	0,053831	0,001381	-0,001216
6	0,003577	0,946394	0,045256	0,008350	-0,006574
7	0,015859	0,947928	0,044654	0,007417	-0,007387
8	0,001177	0,946069	0,053323	0,000608	-0,000457
9	0,003227	0,948915	0,050636	0,000448	-0,000305
10	0,003266	0,950623	0,049246	0,000130	-0,000130
11	0,000321	0,947468	0,043983	0,008549	-0,005573

12	0,002192	0,948133	0,051769	0,000098	-0,000083
13	0,002740	0,948143	0,051760	0,000097	-0,000082
14	0,000092	0,953174	0,040026	0,006799	-0,006562
15	0,000162	0,944793	0,046136	0,009071	0,003774
16	0,000078	0,947262	0,038365	0,014373	-0,000012
17	0,000167	0,944851	0,046126	0,009023	0,003796
18	0,000104	0,945009	0,045737	0,009253	-0,008587
19	0,000021	0,946328	0,051807	0,001865	0,000207
20	0,000105	0,944854	0,054876	0,000270	0,000164
21	0,000013	0,985890	0,004222	0,009888	0,009150
22	0,000027	0,961647	0,010186	0,028167	0,014994
23	0,000171	0,948292	0,043886	0,007822	0,007236
24	0,000700	0,948271	0,037432	0,014297	0,004040
25	0,000163	0,948938	0,017543	0,033519	0,018783
26	0,243147	0,990498	0,008059	0,001443	-0,001055

Une simple observation de ce tableau semble montrer que les SCT les plus centraux dans l'environnement de connaissances défense, c'est-à-dire les SCT classés parmi les premiers (*cf.* chapitre 3), ont des scores de contribution à l'asymétrie négatifs et inversement pour les moins centraux. Même si l'asymétrie est globalement plutôt négative qu'il s'agisse de l'environnement global ou de la contribution de l'environnement de connaissances défense, cela signifie que l'environnement défense participe plus aux synergies amont nécessaires à la constitution du SCT quand ce dernier est central que quand ce SCT ne l'est pas (relativement aux synergies aval auxquelles il participe). Cela pourrait s'interpréter comme une stratégie de sécurisation des approvisionnements technologiques pour les technologies les plus importante pour la défense. Ce qui semble correspondre aux usages dans ce domaine d'activité. Cette hypothèse demanderait à être testée mais sort du cadre strict de cette thèse.

Ici, afin de traiter ces données pour étudier la dualité, une Analyse en Composante Principale (ACP) est réalisée à partir des données du tableau 18, elle permettra de dégager comme dans le chapitre précédent différents profils.

Figure 54 : ACP sur les scores d'influence des 26 SCT



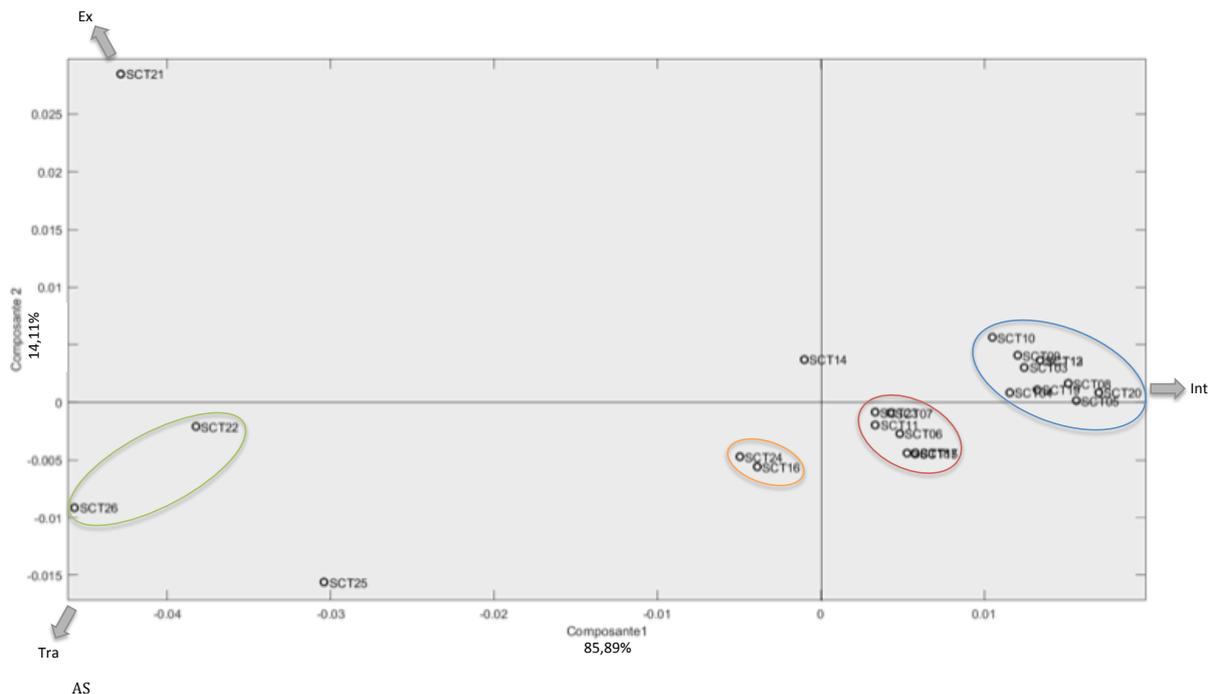
Cette ACP (figure 54) est expliquée à 90,04% par la première composante et à 8,23% par la seconde composante ce qui confère à cette représentation une légitimité dans l'analyse. Elle est largement déterminée par la première composante liée aux scores d'autarcie des SCT. La composante 1 permet d'identifier un premier groupe constitué des SCT 1 et 2 (cercle rouge). Il est largement tiré par la contribution de la défense à l'autosuffisance. Cela signifie que, comme il était raisonnable de s'y attendre, les synergies internes à ces deux SCT, dont les technologies sont très marquées par leurs usages militaires, sont fortement dépendantes de l'activité défense des firmes. Cette analyse confirme donc le caractère éminemment défense de ces deux SCT dont les synergies internes sont sensiblement plus liées à l'innovation de défense que pour les autres SCT. Par ailleurs la défense ne contribue que peu à la relation que ces SCT peuvent entretenir avec le reste du paysage technologique. Cette analyse va dans le sens des résultats présentés dans le chapitre précédent et leur caractère **non dual en révélant**

une influence duale inexistante. En effet, comme anticipé, il y a peu d'interactions entre la sphère défense et civile sur ces technologies. De plus, au delà de l'ACP il est intéressant de noter que les SCT 1 et 2 sont parmi les rares SCT à produire plus de synergies en aval qu'ils n'en consomment en amont. Cela semble signifier que s'il n'y a pas de relation duale, il y a bien des transferts de connaissances qui s'opèrent et ces derniers sont plus en faveur des synergies aval que des synergies amont. Encore une fois, comme anticipé dans le chapitre précédent, en dépit du faible potentiel de coproduction dans ce domaine, il semble qu'il existe pour ces technologies un potentiel en termes de retombées autrement dit en termes de *spin-off*. Néanmoins, il est intéressant de noter que les entreprises de défense n'y contribuent que faiblement et sont dans le cadre de cette activité plutôt dépendantes des synergies amont.

Au contraire, la contribution à l'autosuffisance ne permet pas de discriminer clairement entre les autres SCT. C'est la composante 2, liée aux quatre autres variables, qui semble pouvoir distinguer au moins deux groupes de SCT parmi les SCT restants. En effet, ces SCT se regroupent au centre d'un triangle délimité par les variables Transfert de connaissances et Asymétrie sur un sommet, Exclusion sur un autre sommet, et Intégration pour le dernier.

Afin de pouvoir étudier plus particulièrement ces SCT, une seconde ACP est réalisée. Pour optimiser la clarté de la représentation, elle ne prend pas en compte les SCT 1 et 2, et elle se concentre sur les quatre variables qui, au regard de la première analyse, sont en mesure de définir des profils de SCT distincts.

Figure 55 : ACP sur les scores d'influence des 24 SCT au potentiel dual non restreint



Cette seconde ASP aboutit à l'identification de quatre groupes de SCT qui sont très largement répartis le long de l'axe de la composante 1 qui explique 85,89% de l'ACP alors que la deuxième composante en explique 14,11%.

Premièrement, le SCT 21 se détache. Il est fortement lié à l'exclusion (et par conséquent à l'inclusion). En effet, l'activité défense contribue extrêmement peu à l'inclusion de ce SCT. C'est-à-dire que les firmes AAD ne participent que peu aux circularités qui sont liées à ce SCT que ce soit en amont ou en aval. Par ailleurs, un groupe de SCT composé du 22 et du 26 qui sont quant à eux marqués par une forte contribution de la défense à l'asymétrie et à l'autosuffisance. Dans une moindre mesure le SCT 25 a le même profil. Le point commun à tous ces SCT est que leur intégration est faiblement liée aux entreprises de défense. C'est-à-dire que ces dernières participent peu aux synergies qui interviennent à la fois en amont et en aval de la production de connaissances liées à ce SCT. Dans l'ensemble, le chapitre précédent a montré que ces SCT se distinguaient déjà par de faibles scores de dualité portant sur leur structure interne. Le SCT 26 était globalement le moins dual alors que le SCT 22 lui était assez proche. Le SCT 25 se démarquait par une dualité d'architecture de connaissances plus

forte mais faisait néanmoins partie du troisième profil : « dualité de production industrielle » marqué par une faible dualité. Enfin le SCT 21, s'il présentait des scores de dualité d'architecture de connaissances et de brique de connaissances plus élevés, ses autres caractéristiques étaient plus faibles. Cette nouvelle analyse semble donc aller dans le même sens que celle du chapitre précédent et, par une faible implication des entreprises AAD à l'intégration des technologies qui les composent au reste de l'univers technologique, confirme la faiblesse du potentiel dual de ces SCT. En effet, participer aux synergies amont et aval d'un SCT signifie que la défense se positionne soit comme le maillon d'une chaîne ce qui explique la position des SCT 26 et 22 et plus marginalement celle du SCT 25, soit comme un ensemble qui fonctionne indépendamment du reste de la structure comme pour le SCT 21. Enfin, il est intéressant de noter que comme attendu dans le chapitre 4, le SCT 26 est l'un des seuls SCT peu central pour la défense mais dont les synergies amont dépassent les synergies aval. Ce SCT semble donc particulièrement présenter un profil de SCT lié aux absorptions technologiques (*spin-in*).

Finalement, le potentiel dual en matière de flux de connaissances apparaît, pour ces SCT marginal. D'une part, le SCT 21 qui concerne la biochimie semble se développer en autarcie dans la sphère défense, ce qui s'explique certainement par une utilisation très spécifique de ces connaissances par les entreprises AAD. Ainsi, même si ces connaissances ne sont pas les plus importantes (synergétiques) pour ces entreprises, celles-ci sont contraintes de les maîtriser indépendamment des firmes qui les utilisent traditionnellement. D'autre part, si les SCT 26, 22 et 25 ont peu de relation avec le reste de la structure pour les entreprises de défense, ils sont plus fortement marqués par des retombées (*spin-off*) ou des absorptions (*spin-in*) que par une relation réciproque avec le reste de la structure des connaissances, ce qui pourrait, même à un faible niveau, s'apparenter à de la dualité. En regardant plus en détail, les SCT 22 et 25 dépendent globalement plus fortement des synergies amont qu'ils ne contribuent

aux synergies aval alors que c'est l'inverse pour le SCT 26 (*cf.* scores d'insertion par les absorptions et par les retombées en annexe 5). En revanche la contribution défense ne va pas dans le même sens pour les SCT 26 et 22 tandis qu'elle va dans le même sens pour le 25 (*cf.* scores de contribution à l'insertion par les absorptions et par les retombées en annexe 5). Cela signifie que, pour les SCT 26 et 22, la défense tend à agir au contraire de la tendance globale en favorisant les absorptions pour le premier et les retombées pour le second. En revanche pour le dernier SCT la défense contribue dans le même sens que le reste de la structure en jouant plus fortement sur les absorptions que sur les retombées.

Ce profil de SCT **montre une influence déséquilibrée** qui n'exclut pas une certaine collaboration avec le reste du paysage technologique mais cette collaboration, si elle existe, devra plus vraisemblablement se tourner vers des transferts de connaissances plus que vers de la coproduction duale. Accaparer, ce dont elle s'accapare.

Deuxièmement, les autres groupes de SCT s'échelonnent le long de l'axe principal et sont, par conséquent, principalement répartis en fonction des scores de contribution de la défense à l'Insertion en allant des plus faibles à gauche aux plus forts à droite. D'abord, les SCT cerclés de orange (16 et 24), puis ceux cerclés de rouge (6, 7, 11, 15, 17, 18, 23) et enfin les SCT cerclés de bleu (3, 4, 5, 8, 9, 10, 12, 13, 19, 20). Il est important de noter que cette analyse vaut pour les entreprises AAD prises dans leur ensemble et une étude entreprise par entreprise pourrait montrer des situations largement plus diversifiées.

Les SCT 16 et 24 appartiennent respectivement au profil 3 de dualité interne « de production industrielle » et au profil 4 de dualité interne « marginale ». Ces deux profils regroupent des SCT dont les technologies sont extrêmement génériques mais dont le potentiel dual est affaibli en raison globalement de leur importance réduite dans la sphère défense. C'est certainement pour ces raisons que les entreprises AAD dans leur ensemble participent relativement peu à leur intégration dans le paysage technologique global. Leur profil en

matière de flux est similaire à celui qu'ils présentent dans le chapitre précédent et s'apparente à une **influence duale marginale**.

Les deux derniers groupes reprennent des SCT du profil 1 au potentiel dualité interne « maîtrisée » et du profil 2 à la « dualité émergente » avec une répartition des SCT proche de celle des profils. Les SCT 3, 5, 9 et 10 marqués par le secteur aéronautique et dont la dualité est « maîtrisée » sont tous situés dans le groupe pour lequel la sphère défense contribue le plus à leur intégration, tout comme les SCT 19 et 20 pour lesquels la dualité a été qualifiée « d'émergente » dans le chapitre précédent. Seul le SCT 12, qui fait parti de ce groupe, avait été perçu comme un SCT au potentiel dual plus faible. Par ailleurs, les autres SCT de dualité émergente : 15, 17 et 18 et dont les technologies sont en lien avec la voiture électrique et autonome se situent dans l'autre groupe pour lequel la défense joue un rôle important dans l'intégration technologique au paysage global. Ce groupe est complété par les SCT 6 et 7 dont le potentiel dual est « maîtrisé » en raison de leur lien avec l'aéronautique ; c'est certainement la prépondérance grandissante de l'automobile dans les systèmes de guidage qui explique que le SCT 6 ne fasse pas partie du premier groupe. Enfin les SCT 11 et 23 complètent ce groupe alors que leur potentiel dual semblait faible au regard de l'analyse précédente.

Dans le cadre de cette analyse de l'influence, le SCT 4 fait une fois encore figure de cas particulier. En effet, si dans le chapitre précédent il se caractérisait par un faible potentiel dual lié à la structuration interne de ses connaissances, il apparait en revanche que l'environnement de connaissances défense participe fortement à son intégration. Encore une fois cela peut s'expliquer par sa composition très générique excepté pour une technologie ce qui nuit fortement à son potentiel dual dans le chapitre 4, mais qui concernant l'influence ne suffit pas à compenser la forte intégration du SCT liée aux autres technologies.

Enfin le SCT 14 présente un profil particulier. En effet, il présente des scores d'influence proches de la moyenne dans tous les domaines ce qui le place pratiquement au

centre de la figure tout en présentant un score d'autosuffisance très faible, ce qui montre le caractère relativement peu prépondérant de la défense dans ce SCT. Il semble par conséquent que **son influence duale soit neutre.**

Cette analyse confirme donc globalement celle présentée dans le chapitre précédent tout en révélant quelques positions inattendues. Les technologies de l'aéronautique sont celles pour lesquelles les entreprises AAD sont le plus impliquées à la fois dans leur structuration interne, mais aussi dans leur intégration dans le paysage global. C'est bien pour ces technologies que le potentiel dual est donc le plus maîtrisé. De plus, un ensemble de SCT associés à la voiture électrique ou autonome semble suivre le même schéma à un niveau légèrement plus faible. Ces technologies sont pour partie aussi des technologies de l'aéronautique notamment nécessaires au développement des drones mais entrent aussi dans d'autres domaines technologiques des entreprises AAD : ceux des véhicules terrestres. Cette analyse montre un étalonnage des SCT en fonction d'une maîtrise plus ou moins forte des flux entrants et sortants, ce qui favorise plus ou moins l'exploitation duale des SCT. Ces deux groupes de SCT montrent par conséquent une **influence duale établie et pouvant être qualifiée de mature pour les plus intégrés au vu des technologies concernées très largement marquées par le secteur aéronautique.**

Enjeux de la contribution défense :

Le premier enjeu de cette contribution de la sphère défense à l'influence d'un SCT est lié à **la maîtrise des flux internes d'un SCT** et c'est la contribution à l'autosuffisance qui le révèle. C'est sur cet enjeu qu'il apparaît clairement que pour les deux premiers SCT la défense joue un rôle prépondérant ce qui confirme leur caractère non dual.

Le second enjeu, certainement le plus intéressant dans le cadre de la dualité, est celui lié au **rôle que les entreprises AAD jouent dans la maîtrise des flux à la fois entrants et**

sortants d'un SCT. Il s'associe aux scores de contribution à l'intégration des SCT dans le paysage technologique global. Cette intégration quand elle est forte montre que la sphère défense s'implique à la fois dans les synergies amont et aval d'un SCT. C'est cette implication qui favorise la coproduction technologique au sein même du SCT car elle permet une « communalité » de connaissances et donc une proximité cognitive avec les partenaires à la fois défense et civils. En partageant une même base de connaissances en amont et en aval l'intégration de la défense dans le paysage global est facilitée. C'est en cela qu'un SCT fortement intégré traduit une « dualité de flux maîtrisée ». Les scores obtenus ici sont globalement en adéquation avec les scores de dualité interne et montrent qu'une dualité interne se traduit souvent par une dualité de flux de connaissances.

L'enjeu de l'orientation des flux est le dernier enjeu de cette analyse. Il s'appréhende au travers des scores de contribution à l'asymétrie. C'est ce score qui permet de mieux percevoir l'équilibre entre les technologies qui jouent un rôle en amont ou en aval du SCT et la manière dont les entreprises de défense contribuent à cet équilibre. Cet enjeu semble aussi pouvoir s'appréhender en termes de sécurisation de l'approvisionnement technologique pour les technologies clefs au sein de l'environnement de connaissances défense et revêtant ainsi un fort intérêt stratégique.

La contribution des firmes à l'influence des SCT entre 2010 et 2012 :

Au-delà des mesures portant sur la contribution de la sphère défense dans son ensemble qui donnent une indication sur le potentiel dual, il est intéressant de regarder plus en détail quelles firmes jouent un rôle important dans cette influence.

Afin de traiter cette question la contribution de toutes les firmes a été calculée pour tous les SCT selon le modèle présenté dans la section précédente. Les entreprises ont été considérées comme civiles lorsqu'aucune part de leur chiffre d'affaires n'est associée à cette

sphère dans nos données. En revanche pour les entreprises AAD elles ont été considérées comme civiles et défense au prorata de leur chiffre d'affaires. Ceci permettra de hiérarchiser leur rôle en fonction de leur implication dans l'une ou l'autre des sphères. A cet égard, il faut noter qu'en raison de la pondération appliquée aux entreprises dans la sphère civile (pondération des scores en fonction de la moyenne sectorielle) la hiérarchie des entreprises AAD peut être différente que l'on considère leur partie civile ou leur partie défense.

Les indicateurs pertinents afin de mesurer la contribution des firmes à l'influence d'un SCT sont ceux relatifs aux trois enjeux évoqués plus haut : autosuffisance, intégration et asymétrie.

Les tableaux de l'annexe 6 présentent les classements moyens des firmes sur tous les SCT. Lorsque certaines combinaisons technologiques entrent dans la composition d'un SCT simple et d'un SCT complexe, seul le SCT complexe est retenu afin de ne tenir compte qu'une seule fois des scores de synergies associés à une combinaison technologique particulière. Les classements présentés sont d'abord ceux des entreprises AAD dans leur composante défense, puis ceux de toutes les entreprises dans leur composante civile.

Ces classements sont fournis avant tout à titre indicatif. En effet, la situation de chaque entreprise étant par définition un cas particulier vis-à-vis de ces SCT il apparaîtrait abusif de tirer des conclusions sur le rôle des entreprises sans associer cela à un travail monographique sur l'entreprise en question. Cela constitue un des axes majeurs pour prolonger ces travaux.

Néanmoins, les classements moyens nous apportent quelques pistes de réflexion :

- Nexter : le cas d'une entreprise non duale. En effet cette entreprise de taille réduite comparée aux quelques géants du secteur semble jouer un rôle de premier plan dans les interdépendances au sein des SCT (autosuffisance : 6^{ème} rang en moyenne dans le paysage défense). En revanche, et en adéquation avec son pourcentage d'activité civile

extrêmement faible (3%), elle ne participe que très peu à l'intégration de ces SCT dans le paysage global. La stratégie très peu duale du groupe semble donc en adéquation avec son profil technologique.

- Raytheon : le cas d'une entreprise au profil technologique dual ayant fait le choix d'une stratégie ancrée dans la défense. En effet, l'entreprise Raytheon montre un profil technologique jouant à la fois un rôle majeur dans la sphère défense (autosuffisance : 1^{er} rang en moyenne dans le paysage défense) et dont la contribution à l'intégration technologique est aussi très forte (intégration: 6^{ème} rang en moyenne dans le paysage défense). Cette position semble être le reflet d'un choix stratégique. L'entreprise s'est orientée vers les marchés de défense alors même que sa spécialisation technologique la rapproche du secteur des équipements électroniques, secteur qui est par définition fortement intégré au paysage technologique global (c'est le secteur industriel intégrant le plus de circularités *cf.* annexe 4).
- Alliant Techsystems : le cas d'une entreprise au profil technologique dual et à la stratégie duale. En effet, Alliant Techsystems apparaît, d'une part, comme très importante pour la structuration des SCT, à la fois dans sa composante défense et dans sa composante civile (autosuffisance : 5^{ème} rang en moyenne dans le paysage défense et 8^{ème} rang en moyenne dans le paysage civil). Et d'autres part, Alliant Techsystems apparaît comme jouant un rôle important dans l'intégration technologique des SCT en tant qu'entreprise de la sphère défense et en tant qu'entreprise de la sphère civile (intégration : 1^{er} rang en moyenne dans le paysage défense et 78^{ème} rang en moyenne dans le paysage civil). Cela semble tout à fait correspondre à la stratégie affichée du groupe qui consiste à faire cohabiter en harmonie la partie aérospatiale et la partie armement de son activité aspect qui s'est renforcé après la fusion avec Orbital. Un dernier élément intéressant de ce cas est que l'entreprise est largement plus

pourvoyeuse de synergies aval que dépendantes de synergies amont ce qui, *a priori*, lui confère une certaine autonomie technologique.

Conclusion

Ce chapitre a permis grâce aux outils de la TGI de montrer l'intérêt de mesurer l'influence d'un SCT afin de mesurer sa dualité. Ce cadre théorique a permis de proposer plusieurs indicateurs portant à la fois sur la centralité de cohésion et sur l'égoцентриté d'un SCT.

L'analyse des SCT a permis de proposer une nouvelle hiérarchisation des SCT en fonction de leurs potentiels duaux pendant la période allant de 2010 à 2012. Cette hiérarchie s'est avérée cohérente avec celle présentée dans le chapitre précédent. Elle a permis de mettre en avant la capacité de l'environnement de connaissances défense à contribuer à la diffusion de technologies telles que les systèmes de guidage, les drones civils ou encore la voiture autonome. Ce qui met en évidence par les faits un potentiel dual déjà repéré dans le chapitre précédent. Tout comme cela a été évoqué dans le chapitre 4, réitérer ce type d'analyse sur plusieurs années permettrait de définir des tendances qui pourraient servir non seulement aux industriels de la défense pour la définition de la stratégie de dualisation, mais aussi à la DGA dans le cadre de l'orientation de ses financements duaux.

Au niveau des firmes, les résultats ont prouvé leur pertinence. Néanmoins, afin d'être complémentaires exploitables et de définir et détailler les préconisations, ces derniers devront être complétés par une analyse portant sur chaque secteur d'activité et sur chaque entreprise. L'enjeu de cette thèse était avant tout de montrer la pertinence des outils dans la mesure du potentiel dual des firmes.

Conclusion

Dans cette seconde partie, le lecteur a suivi le déroulement complet d'une analyse permettant d'abord d'identifier des Système de Connaissances Technologiques puis ensuite d'en évaluer le caractère dual tant du point de vue de leurs cohérences internes que de leurs influences. L'articulation du cadre théorique de la dominance économique avec celui de la cohérence technologique a donc permis d'exploiter de manière approfondie les données de Brevet dans le cadre d'une analyse de la dualité.

La première valeur ajoutée de cette partie est d'avoir permis d'articuler les uns avec les autres plusieurs outils issu de deux ensembles théoriques distincts. En montrant par le biais de deux approches aux sous-bassement méthodologiques différents mais totalement compatibles sur le plan théorique cette thèse ouvre la voix de nouveaux travaux méthodologiques sur l'analyse des production de connaissances en général et sur la dualité technologique en particulier. En effet, ils apportent des visions complémentaires sur la production de connaissances permettant d'inclure les caractéristiques complexes de l'innovation technologique duale dans l'analyse. Par ailleurs les rélutats du chapitre 5 ajoutés aux résultats du chapitre précédent permettent de constituer des fiches pour chaque SCT (annexe3). Ces fiches permettent de visualiser le profil des SCT et de comparer ces profils entre eux. Elles sont le reflet de la grande diversité des situations que ces deux analyses combinées entre-elles permettent de mettre en évidence.

Le deuxième élément saillant dans cette partie est d'avoir montré l'intérêt des données de brevet pour traiter des questions de dualité technologique. En effet, si l'innovation militaire a un rapport particulier aux brevets – c'est d'ailleurs le cas dans de nombreux autres secteurs - cela ne doit pas priver les économistes de défense d'utiliser cette source d'information. Il existe des solutions méthodologiques qui permettent de les utiliser et si les chercheurs font

usage des précautions d'interprétation nécessaires elles s'avèrent spécialement pertinentes pour étudier la dualité qui par définition concerne des innovations ayant une influence au-delà du domaine militaire.

Enfin, cette partie a permis de proposer une analyse de la dualité prenant soin de révéler la diversité des situations. En effet, en abordant dans une même analyse, 26 SCT impliqués dans des secteurs industriels différents, composés de technologies variées et cette thèse a montré qu'au-delà d'une vision binaire de la dualité qui consisterait simplement à dire si tel ou tel système technologique est dual ou pas, il est intéressant de montrer sur quelles caractéristiques cette dualité porte afin de mieux comprendre comment elle peut être exploitée par les entreprises.

CONCLUSION GENERALE

La démarche de recherche :

La dualité est devenue depuis son apparition dans les années 80 une préoccupation majeure non seulement pour les chercheurs, mais aussi des industriels et des pouvoirs publics. Elle renvoie largement à la relation complexe qui existe entre le monde civil et le monde de la défense, et plus précisément aux rapprochements qui peuvent s'opérer entre les acteurs de ces deux sphères.

Les problématiques liées à ces rapprochements dans la production technologique embrassent de multiples dimensions : sectorielles, organisationnelles, institutionnelles ou encore réglementaires. Elles touchent aussi, et tout particulièrement lorsqu'il s'agit d'innovation, des questions relatives aux similarités techniques ou technologiques qui existent entre les deux environnements de production. Ces similarités peuvent être analysées de diverses manières. Les unes se focalisent davantage sur les caractéristiques techniques d'un système, d'autres sur la communauté participant à son élaboration, quand certaines choisissent l'angle des institutions.

Quant à elle, cette thèse est plus particulièrement consacrée à l'étude de l'innovation technologique duale. De ce point de vue, la production des connaissances, leur diffusion et les proximités cognitives qui structurent la production d'un système technologique donné constituent une entrée pertinente pour, à la fois mesurer le potentiel dual d'une technologie, et à la fois pour caractériser les interactions entre la sphère défense et la sphère civile. C'est le parti pris dans cette thèse.

Les principaux enjeux :

L'innovation technologique duale est une des composantes de la dualité qui pose la question des collaborations entre la sphère défense et la sphère civile tout au long du processus d'innovation, de l'élaboration des connaissances jusqu'aux usages. Cet aspect de la dualité revêt une importance toute particulière puisqu'il permet de répondre à trois enjeux auxquels sont confrontés les acteurs de la défense mais aussi, et c'est consubstantiel au concept de dualité, les acteurs civils.

Le premier enjeu est lié à l'identification du périmètre de l'innovation technologique duale. Il existe aujourd'hui de multiples approches traitant ce sujet sans qu'aucun consensus clair ne s'établisse. L'approche systémique offre trois avantages. Tout d'abord, une telle approche permet de rendre compte de l'importance des contraintes institutionnelles qui règnent sur le processus d'innovation, particulièrement dans le domaine la défense. Ensuite, un cadre systémique révèle la complexité des interactions entre une multitude d'acteurs laquelle caractérise souvent le processus dual d'innovation. Enfin, elle offre la possibilité de construire un cadre d'analyse dont le périmètre n'est pas prédéfini.

Les deux autres enjeux de cette thèse sont quant à eux d'ordre méthodologique et empirique. Le premier est lié à la mesure de la dualité car il existe aujourd'hui peu d'outils pour quantifier la dualité technologique. Enfin le dernier enjeu réside dans l'influence de cette dualité sur le processus d'innovation dans son ensemble. La technologie est bien cœur de ces deux enjeux. Or, en économie, ce sont bien souvent les connaissances qui permettent de définir une technologie. Ce sont donc ces connaissances formelles et tacites, individuelles ou architecturées entre elles qui ont constitué la matière première de l'analyse empirique de cette thèse. En étudiant la production de connaissances dans le civil et dans la défense, leur capacité à produire ensemble des technologies ayant des caractéristiques, si ce n'est identiques tout du

moins compatibles, a été mesurée, c'est le fondement de l'approche méthodologique de cette thèse.

Afin de traiter de ces deux enjeux, l'originalité de cette thèse réside, tout en prenant un certain nombre de précautions d'usage, dans l'utilisation des données de brevets agrégées au niveau des firmes. Cette approche par le biais des connaissances comporte l'avantage de pouvoir s'appliquer à tout type d'innovation technologique sans juger a priori de l'usage qui pourrait en être fait. L'opportunité ainsi donnée d'utiliser des données quantitatives permet de s'extraire des traditionnelles études de cas souvent privilégiées pour traiter de cet objet. Evidemment, la contrepartie est que le brevet n'est pas un indicateur omniscient des capacités d'innovation des firmes ce qui fait de cette approche une solution complémentaire à l'analyse produite par les experts des domaines technologiques.

Structure de la thèse et principaux résultats :

Cette thèse est structurée en deux parties. La première revient sur la définition du cadre théorique de l'analyse tandis que la seconde développe et exploite des outils originaux pour étudier la dualité.

Dans la première partie, la réflexion est articulée autour de deux chapitres. Le chapitre 1 permet d'établir les fondements d'une approche systémique de la dualité en s'appuyant sur une revue de la littérature théorique et empirique portant sur les relations technologiques entre la sphère civile et la sphère de défense. Après avoir exploré les différentes définitions de « l'objet » dual - l'identification des supports matériels ou immatériels de la dualité - elle se consacre à la question des différentes modalités d'organisation de la dualité et propose enfin une typologie de ces approches structurée autour des deux axes « objet dual » et « gouvernance de la dualité ». Par ailleurs, ce chapitre revient sur les différentes acceptions des systèmes d'innovation (nationale, régionale ou sectorielle).

Ce chapitre combine ces éléments afin de proposer le concept de Système Dual d'Innovation (SDI) dont l'intérêt principal est d'offrir une vision synthétique de l'ensemble des caractéristiques de la dualité technologique tout en soulignant la complexité des interactions que cela engendre. En effet, le SDI est, pour une technologie spécifique, un ensemble d'institutions de la sphère défense et de la sphère civile qui contribuent à un processus d'innovation au sein d'un espace institutionnel contraint par les enjeux stratégiques de l'innovation de défense. Il englobe l'ensemble des mécanismes de transferts et de coopérations formels et informels qui interviennent tout au long du processus d'innovation ; il délimite le potentiel de diffusion dual d'une technologie dans différents secteurs ; il souligne la nécessité de construire un périmètre dépendant de la technologie placée au cœur de ce système.

Le chapitre suivant est consacré au processus de diffusion des connaissances. Ce processus est particulièrement détaillé dans la mesure où il est présenté comme un élément déterminant du potentiel dual des technologies. A cet effet, la littérature en économie de l'innovation est sollicitée ce qui conduit à approfondir notamment le concept de système technologique. Compte tenu de la valeur particulière accordée aux connaissances comme élément structurant de ces systèmes, l'intérêt d'étudier la manière dont ces connaissances se diffusent à l'échelle de ces systèmes technologiques est mis en évidence pour analyser leur dualité.

Ce chapitre aussi sert à construire le cadre théorique de cette thèse aboutit à la définition du concept de Système de Connaissances Technologique (SCT). Ce concept permet d'émanciper l'analyse des artefacts technologiques. Un SCT correspond à l'ensemble des connaissances qui, étroitement liées entre elles, sont à l'origine de synergies dans la production technologique. Cet ensemble cohérent de connaissances (fondées sur des principes scientifiques ou non) associé à des compétences spécifiques permet de proposer des solutions

techniques qui sont alors combinées entre elles au sein d'un ou plusieurs systèmes technologiques. Le SCT est donc particulièrement propice à l'analyse de la dualité, les systèmes de défense et leurs caractéristiques techniques étant souvent protégés par un secret au moins partiel. Enfin, chaque SCT s'insérant dans une démarche d'innovation qui lui est propre, il existe pour chacun d'eux un SDI aux contours spécifiques ; cette analyse s'inscrit donc en totale cohérence avec le chapitre précédent.

La seconde partie, consacrée à une analyse empirique, est découpée en trois chapitres. Le chapitre 3 permet l'identification des SCT. Il repose sur des outils issus de la Théorie de la Dominance Economique (TDE) et plus précisément de son application dans le cadre de la Théorie des Graphes d'Influences (TGI). Ce chapitre s'appuie par ailleurs sur le concept des bases de connaissances ce qui permet d'intégrer à l'analyse une part de la connaissance tacite que mobilisent les firmes afin d'articuler les briques technologiques entre elles. Afin d'étudier les SCT, cette thèse identifie la base de connaissances des plus grandes firmes internationales et plus précisément de celles ayant une activité de défense. Ainsi, les outils de la TGI appliqués à ces bases de connaissances permettent de définir 26 SCT caractéristiques de l'innovation de défense et aux profils technologiques diversifiés.

S'il ne caractérise pas directement la dualité, l'apport méthodologique de ce chapitre constitue néanmoins une pierre angulaire de la thèse. En effet, l'intérêt de la méthode de *clustering* qui y est décrite est double : d'une part, cette méthode permet de calculer, pour chacune des combinaisons de deux pôles, les synergies qu'elles engendrent en tenant compte, à la fois, des interdépendances entre ces pôles et des interdépendances dans le reste de la structure. Ainsi, une combinaison de deux pôles qui nuit trop fortement au potentiel synergétique du reste de la structure obtiendra un score de synergie moins élevé qu'une autre combinaison qui préserve plus de circularités dans le reste de la structure. Cela permet d'octroyer les scores de synergies les plus fortes aux combinaisons de deux pôles les plus

interdépendants qui ne cassent pas de circularités dans la partie complémentaire. D'autre part, elle permet de raisonner par couche c'est à dire par sous-graphes partiels ce qui permet de définir un périmètre pertinent pour l'identification des Systèmes de Connaissances Technologiques.

Le chapitre suivant mesure le potentiel dual des 26 SCT. Cette évaluation repose sur l'exploitation de la théorie de la cohérence technologique, offrant des outils pour analyser non seulement la connaissance en tant que brique individuelle mais aussi l'architecture de connaissances qui sous-tend l'articulation des connaissances à l'intérieur des SCT. Le chapitre présente des indicateurs permettant d'étudier la cohérence des SCT, c'est à dire la manière dont leurs connaissances sont structurées. C'est en comparant cette cohérence dans le domaine de la défense et dans l'environnement de connaissances global que cette thèse propose de mesurer, selon cinq indicateurs originaux, des proximités cognitives entre la sphère défense et la sphère civile pour chacun des 26 SCT identifiés et ainsi de mesurer leurs potentiels duaux.

Les résultats empiriques montrent que sur l'échantillon étudié, 17 des SCT ont un potentiel dual significatif. Il se décline en différents profils : le potentiel dual maîtrisé, le potentiel dual émergent et le potentiel dual de production industrielle. Chaque profil est défini par un niveau de dualité et des caractéristiques de structuration des connaissances spécifiques. Un dernier profil de SCT a été identifié et regroupe les SCT au potentiel dual marginal. Enfin, certains SCT montrent simplement une absence de potentiel dual pour des raisons diverses (allant de la trop grande spécificité défense limitant toute capacité civile, à des spécificités d'architecture de connaissances limitant les collaborations possibles au-delà des transferts de connaissances).

Le dernier chapitre prolonge l'analyse duale des SCT en étudiant l'influence des connaissances à la fois à l'intérieur des SCT mais aussi et surtout entre le Système de Connaissances Technologiques et les technologies qui lui sont liées et enfin au sein du réseau composé de ces technologies, appelé « réseau égocentré ». Cette approche s'inscrit elle aussi dans le cadre de la TDE et permet de proposer de nouveaux outils issus de la TGI. Ces outils mesurent la contribution de la défense à ces interdépendances afin de mieux comprendre en quoi les SCT participent, dans une perspective duale, à la structuration de la production de connaissances à la fois au sein de l'environnement de connaissances défense et dans l'environnement de connaissances civil.

L'analyse de l'influence permet ici aussi de définir des profils duaux d'influence allant de l'influence duale marginale à l'influence duale mature en passant par l'influence duale établie et enfin l'influence duale neutre. Les SCT présentant une influence duale déséquilibrée permettent d'insister sur la différence entre dualité et transfert de connaissances confirmant les premières conclusions émises dans le chapitre précédent.

D'un point de vue plus global, il ressort de cette thèse trois principaux résultats. Le premier résultat est d'ordre théorique il s'agit du cadre théorique évoqué plus haut qui permet d'aborder la dualité technologique d'un point de vue systémique. Il s'agit du Système Dual d'Innovation (SDI) complété par le Système de Connaissances Technologiques (SCT).

Ce cadre théorique souligne que la dualité du système d'innovation dépend de la technologie placée au cœur de ce système. C'est pour cela que chaque Système Dual d'Innovation dépend d'un ensemble de connaissances qui définissent une technologie. Le concept de Système Dual d'Innovation est donc complété dans la thèse par le concept de Système de Connaissances Technologiques. C'est ainsi que chaque Système de Connaissances Technologiques donne lieu à un Système Dual d'Innovation spécifique. Or en définissant le

Système de Connaissances Technologique en fonction des synergies observées dans la production d'innovation il est possible de mesurer le potentiel dual de n'importe quelle technologie sans préjuger de la dualité de cette technologie. Autrement dit il est possible d'identifier le Système dual d'innovation de n'importe quelle technologie.

Le second résultat majeur est d'ordre méthodologique, il correspond à l'utilisation des outils de la théorie mathématique des graphes pour analyser la dualité. Il y a à ce titre un ensemble d'indicateurs nouveaux qui sont proposés. Ils ont trait, d'une part, à la théorie de la cohérence technologique et d'autre part à la théorie de la dominance économique et permettent de mesurer le potentiel dual des Systèmes de Connaissances Technologique tout comme leur influence sur le processus d'innovation dans son ensemble et c'est ce qui constitue le troisième résultat. En montrant non seulement la compatibilité de ces approches mais aussi leur grande complémentarité dans l'analyse de la dualité technologique, cette thèse ouvre un nouveau champ de recherche. Cette thèse montre que les méthodes quantitatives issus de la théorie mathématique des graphes déjà éprouvées en économie de l'innovation ou encore dans le cadre de l'analyse du commerce international peuvent s'appliquer, avec toutes les précautions nécessaires, à l'étude de la dualité. Ces nouveaux développements possibles constituent un apport majeur de cette thèse.

Le troisième résultat est d'ordre empirique, voir même opérationnel. C'est la proposition d'une échelle de la dualité construite à partir des outils originaux développés dans la thèse. Cette échelle, composée de 5 indicateurs reposant sur la théorie de la cohérence technologique, souligne l'existence d'un continuum de la dualité. En effet, il ressort de l'analyse que seuls deux Systèmes de Connaissances Technologiques n'ont pas de potentiel dual. Cela ne signifie pas pour autant qu'ils concernent exclusivement la sphère de défense ou la sphère civile. C'est plus particulièrement lié au fait que pour ces systèmes le potentiel de relation entre la sphère défense et la sphère civile s'apparente plus à des transferts

technologiques qu'à une collaboration entre défense et civil laquelle définit un processus dual d'innovation. En revanche, pour tous les autres systèmes il apparaît qu'il existe systématiquement une certaine similarité dans la manière de produire les innovations ce qui ouvre la porte à une dualité plus ou moins forte. La mise en évidence de ce continuum de la dualité est donc un résultat empirique majeur.

Dans une perspective plus opérationnelle, les fiches signalétiques regroupent les informations liées à l'échelle de la dualité et l'ensemble des indicateurs pertinents issus de la théorie de la dominance économique et plus précisément de son application au travers de la théorie des graphes d'influences. Ces indicateurs permettent d'analyser l'influence duale des SCT. Ces résultats condensés dans 26 fiches offrent un point de vue quantitatif sur le potentiel dual de technologies très diverses. Il constitue un outil d'aide à la décision pouvant servir, à la fois dans le cadre d'une stratégie duale d'innovation au sein d'une firme, ou dans le cadre d'une politique publique visant soit à soutenir l'innovation technologique duale ou au contraire à la limiter.

Les perspectives :

Ce travail ouvre plusieurs perspectives de travail. Elles peuvent se répartir selon deux axes.

En premier lieu, il existe des perspectives directement liées à l'objet d'étude. Comme cela a été dit précédemment, le Système Dual d'Innovation cherche à embrasser toutes les composantes de la dualité tout au long du processus d'innovation. Or, le travail empirique de la thèse se concentre sur l'analyse des connaissances en adoptant un point de vue global. Il pourra donc se prolonger, d'une part, en investiguant les autres couches du SDI liées au développement, à la production et aux marchés de la dualité technologique. D'autre part, le SDI relatif à une technologie particulière pourra lui aussi être étudié en retraçant son

périmètre et en étudiant les interactions spécifiques entre la sphère civile et la sphère défense qui s'exercent en son sein. Ces manières complémentaires d'aborder le Système Dual d'Innovation permettraient de traiter plus particulièrement de la question des firmes par exemple.

La deuxième perspective est quant à elle liée aux outils. En effet, ce travail montre la pertinence de la théorie mathématique des graphes pour traiter des questions de production et surtout de la diffusion de la connaissance. Or, ces préoccupations s'avèrent centrales au-delà de la dualité et il existe de nombreux autres domaines liés à l'analyse économique de la géographie de l'innovation, aux problématiques de la convergence industrielle, ou encore à la stratégie d'innovation des firmes qui peuvent être investigués à l'aide de ces outils. Ils constituent par conséquent autant de perspectives pour de nouveaux développements qui pourront intervenir tant dans la sphère académique que dans la sphère opérationnelle.

BIBLIOGRAPHIE

W. J. Abernathy, *The Productivity Dilemma: Roadblock to Innovation in the Automobile Industry*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1978.

M. Acosta, D. Coronado, et R. Marín, « Potential Dual-Use of Military Technology: Does Citing Patents Shed Light on this Process? » *Defence and Peace Economics*, vol. 22, no. 3, pp. 335–349, Juin 2011.

J. A. Alic, *Beyond Spinoff: Military and Commercial Technologies in a Changing World*. Harvard Business Press, 1992.

J. A. Alic, « The dual use of technology: Concepts and policies, » *Technology in Society*, vol. 16, no. 2, pp. 155–172, Janvier 1994.

B. Amable, « Les systèmes d'innovation, » *Encyclopédie de l'innovation, Economica*, pp. 367–382, 2003.

H. I. Ansoff, « Strategies for diversification, » *Harvard business review*, vol. 35, no. 5, pp. 113–124, 1957.

H. I. Ansoff, *Corporate strategy: business policy for growth and expansion*. McGraw-Hill Book, 1965.

K. Arrow et K. Arrow, « Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention, » pp. 609–626, 1962.

W. B. Arthur, « Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events, » *The economic journal*, vol. 99, no. 394, pp. 116–131, 1989.

B. T. Asheim et L. Coenen, « Knowledge bases and regional innovation systems: Comparing Nordic clusters, » *Research Policy*, vol. 34, no. 8, pp. 1173–1190, Octobre 2005.

C. Autant-Bernard, R. Cowan, N. Massard, « Editors' introduction to spatial knowledge networks: structure, driving forces and innovative performances, » *The Annals of Regional Science*, no. 53 (2), pp 315-323, 2014.

C. Autant-Bernard et N. Massard, « Scientific Interactions, Geographic Spillovers And Innovationan Empirical Study On The French Case, » European Regional Science Association, ERSA conference paper, p131, 2000.

C. Ayerbe, N. Lazaric, M. Callois, and L. Mitkova, « Nouveaux enjeux d'organisation de la propriété intellectuelle dans les industries complexes, » *Revue d'économie industrielle*, no. 1, pp. 9–42, 2012.

C. Ayerbe, N. Lazaric, M. Callois, and L. Mitkova, « The new challenges of organizing intellectual property in complex industries: A discussion based on the case of Thales, » *Technovation*, vol. 34, no. 4, pp. 232–241, Apr. 2014.

I. Azulay, M. Lerner, et A. Tishler, « Converting military technology through corporate entrepreneurship, » *Research Policy*, vol. 31, no. 3, pp. 419–435, 2002.

J. Bainée, « Conditions d'émergence et de diffusion de l'automobile électrique : une analyse en termes de 'bien-système territorialisé', » Thèse, Université Paris 1 - Panthéon-Sorbonne, 2013.

A. Bavelas, « A mathematical model for group structures, » *Human organization*, vol. 7, no. 3, pp. 16–30, 1948.

J. Belin et M. Guille, « R&D et innovation en France : quel financement pour les entreprises de la Défense ?, » *Innovations*, vol. 28, no. 2, p. 33, 2008.

J. Belin, « La R&D des entreprises de défense dans le système national d'innovation français, » *Défense et industries*, no. 3, Mars 2015.

R. Bellais et R. Guichard, « Defense Innovation, Technology Transfers and Public Policy, » *Defence and Peace Economics*, vol. 17, no. 3, pp. 273–286, Juin 2006.

R. Bellais, « Recherche et défense, vers un nouveau partenariat ?, » *Innovations*, vol. 21, no. 1, p. 145, 2005.

C. Berge, *La théorie des graphes et ses applications*, Dunod. 1958.

A. Bergek, M. Hekkert, et S. Jacobsson, « Functions in innovation systems : a framework for analysing energy system dynamics and identifying goals for system-building activities by entrepreneurs and policymakers, » *Innovation for a low carbon economy: economic, institutional and management approaches*, 2008a.

A. Bergek, S. Jacobsson, B. Carlsson, S. Lindmark, et A. Rickne, « Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis, » *Research Policy*, vol. 37, no. 3, pp. 407–429, Avril 2008b.

A. Bergek, S. Jacobsson, M. Hekkert, et K. Smith, « Functionality of innovation systems as a rationale for and guide to innovation policy, » *The Theory and Practice of Innovation Policy*. Edward Elgar, Cheltenham, pp. 117–146, 2010.

D. Besancenot, et R. Vranceanu, « European Defence Firms: The Information Barrier on Private Finance, » *Defence and Peace Economics*, vol. 17, no. 1, pp. 23–36, Février 2006.

W. E. Bijker, « How is technology made? That is the question!, » *Cambridge Journal of Economics*, vol. 34, no. 1, pp. 63–76, Janvier 2010.

W. E. Bijker, T. P. Hughes, T. Pinchet, et D. G. Douglas, *The social construction of technological systems: New directions in the sociology and history of technology*. MIT press, 2012.

P. Bonacich and P. Lloyd, « Eigenvector-like measures of centrality for asymmetric relations, » *Social networks*, vol. 23, no. 3, pp. 191–201, 2001.

P. Bonacich, « Power and centrality: A family of measures, » *American journal of sociology*, pp. 1170–1182, 1987.

J. Bonomo, J. Lowell, J. Pinder, K. Webb, J. Saul, P. Cannon, J. Cloan, et D. M Asamson, « Monitoring and Controlling the International Transfer of Technology, » Rand, 1998.

G. Bottazzi, et D. Pirino, « Measuring industry relatedness and corporate coherence, » LEM Working Paper Series, no. 10, 2010.

P. Bouvier-Patron, « L'application des concepts de 'lock-in' et de 'barrières à la mobilité' a une théorie des réseaux d'entreprise, » *Revue française d'économie*, no. 1, 1994.

P. Bouvier-Patron, « 'FabLab' et extension de la forme réseau : vers une nouvelle dynamique industrielle ?, » *Innovations*, no. 47, pp. 165–188, Mai 2015.

D. Braddon, « Commercial Applications of Military R&D: U.S. and EU Programs Compared, » présenté à : the european Union Studies Association (EUSA), 6th Biennial Conference, Pittsburgh, Pennsylvania, 2-5 Juin 1999.

- S. Breschi, et F. Malerba, « Sectoral innovation systems: technological regimes, Schumpeterian dynamics, et spatial boundaries, » *Systems of innovation: Technologies, institutions and organizations*, pp. 130–156, 1997.
- T. F. Bresnahan and M. Trajtenberg, « General purpose technologies ‘Engines of growth’?, » *Journal of Econometrics*, vol. 65, no. 1, pp. 83–108, Janvier 1995.
- M. Buesa, « Controlling the international exchanges of armaments and dual-use technologies: The case of Spain, » *Defence and Peace Economics*, vol. 12, no. 5, pp. 439–464, Janvier 2001.
- M. Callon, « Réseaux technico-économiques et irréversibilités, » *Figures de l'irréversibilité en économie*, pp. 195–230, 1991.
- U. Cantner, et A. Pyka, « Classifying technology policy from an evolutionary perspective, » *Research Policy*, vol. 30, no. 5, pp. 759–775, 2001.
- B. Carlsson, et R. Stankiewicz, “On the nature, function and composition of technological systems,” *J Evol Econ*, vol. 1, no. 2, pp. 93–118, 1991.
- B. Carlsson, S. Jacobsson, M. Holmén, et A. Rickne, « Innovation systems: analytical and methodological issues, » *Research policy*, vol. 31, no. 2, pp. 233–245, 2002.
- D. Cartwright, F. Harary, et R. Norman, « Structural models: An introduction to the theory of directed graphs, » *New York*, 1965.
- C. Fink, I. Hamdan-Livramento, et J. Raffo, « Rapport 2015 sur la propriété intellectuelle dans le monde, » OMPI, 2015.

A. K. Chakrabarti, I. Dror, et N. Eakabuse, “-« Interorganizational transfer of knowledge: an analysis of patent citations of a defense firm, » *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 40, no. 1, pp. 91–94, Février 1993.

A. K. Chakrabarti, et C. L. Anyanwu, « Defense R & D, Technology, and Economic Performance: A Longitudinal Analysis of the U.S. Experience, » *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 40, no. 2, pp. 136–145, Juin 1993.

S. Chan, « The impact of defense spending on economic performance: a survey of evidence and problems, » *Orbis*, vol. 29, no. 3, pp. 403–434, Juin 1985.

A. D. Chandler Jr, 1998, *Strategy and Structure: Chapters in the History of the American Industrial Enterprise*. Cambridge, MA: MIT Press, 1962.

F. Chesnais and C. Serfati, « *L’armement en France: genèse, ampleur et coût d’une industrie, coll,* » Economie et sciences sociales, Paris: Nathan, 1992.

F. Chesnais, « The French national system of innovation, » dans *National innovation systems: A comparative analysis*, New-York, Oxford University Press., R. R. Nelson, 1993, pp. 192–229.

M. W. Chinworth, *Perception gaps: an assessment of dual-use technology models in Japan and the United States*, thèse, Cranfield University, 2000a.

M. W. Chinworth, « Country Survey XIII: Japan’s security posture and defense industry prospects, » *Defence and Peace Economics*, vol. 11, no. 2, pp. 369–401, Janvier 2000b.

G. Cohen, *Coherence technologique, aspects structurel et temporel: application au programme spatial europeen*. Strasbourg 1, 1997.

W. M. Cohen et D. A. Levinthal, « Innovation and learning: the two faces of R & D, » *The economic journal*, pp. 569–596, 1989.

W. M. Cohen, A. Goto, A. Nagata, R. R. Nelson, et J. P. Walsh, « R&D spillovers, patents and the incentives to innovate in Japan and the United States, » *Research policy*, vol. 31, no. 8, pp. 1349–1367, 2002.

P. Cohendet et J.-L. Gaffard, Coordonner autant qu'inciter pour connaître. Ludovic Dibiaggio et Pierre-Xavier Meschi. *Le management dans l'économie de la connaissance*, Pearson, pp.43-73, 2010.

P. Cooke, M. Gomez Uranga, et G. Etxebarria, « Regional innovation systems: Institutional and organisational dimensions, » *Research policy*, vol. 26, no. 4, pp. 475–491, 1997.

A. A. Cournot, *De l'origine et des limites de la correspondance entre l'algèbre et la géométrie*. L. Hachette, 1847.

R. Cowan and D. Foray, « Quandaries in the economics of dual technologies and spillovers from military to civilian research and development, » *Research Policy*, vol. 24, no. 6, pp. 851–868, 1995.

R. Cowan and D. Foray, « The Economics of Codification and the Diffusion of Knowledge, » *ICC*, vol. 6, no. 3, pp. 595–622, Septembre 1997.

R. C. Curnow, et G. G. Moring, « 'Project sappho': A study in industrial innovation, » *Futures*, vol. 1, no. 2, pp. 82–90, 1968.

J-F. Daguzan, « Technologies duales et défense, entre politique et management, » *L'Armement-Recherche civile, Recherche de defense*, no. 76, Décembre 2001.

P. A. David, « Understanding the emergence of ‘open science’ institutions: functionalist economics in historical context, » *Industrial and Corporate Change*, vol. 13, no. 4, pp. 571–589, Aout 2004.

J. De Bandt, « L’émérgence du nouveau système technique ou socio-technique, » *Revue d’économie industrielle*, vol. 100, no. 1, pp. 9–38, 2002.

C. Depeyre, et H. Dumez, « The role of architectural players in coepetition: The case of the US defense industry - Recherche Google, » *Coopetition: Winning Strategies for the 21st Century*, Edward Elgar Publishing, 2010.

C. Depeyre, « Boeing Boeing : la dualité civil-militaire source d’un rebond stratégique dans l’ère post-guerre froide, » *Entreprises et histoire*, vol. n° 73, no. 4, pp. 58–74, 2013.

G. De Rassenfosse, H. Dernis, et G. Boedt, « An introduction to the Patstat database with example queries, » *Australian Economic Review*, vol. 47, no. 3, pp. 395–408, 2014.

H. Dernis, M. Dosso, F. Hervas, V. Millot, M. Squicciarini et A. Vezzani, « World corporate top R&D investors: Innovation and IP bundles, » Institute for Prospective Technological Studies, Joint Research Centre, 2015.

L. Dibiaggio, et P. X. Meschi, *Le management dans l’économie de la connaissance*. Pearson Education France, 2010.

D. Doloreux et R. Guillaume, “Le système régional d’innovation: outil de développement pour les territoires,” in 3th International Conference of Territorial Intelligence“ Territory, wellbeing and social inclusion” REIT, October 19th-21th 2005, Liège, 2005.

P. J. Dombrowski, E. Gholz, and A. L. Ross, *Military transformation and the defense industry after next: the defense industrial implications of Network-Centric Warfare*. Newport center of naval war college, Naval war college, 2002.

G. Dosi, P. Llerena, et M. S. Labini, « The relationships between science, technologies and their industrial exploitation: An illustration through the myths and realities of the so-called 'European Paradox,' » *Research Policy*, vol. 35, no. 10, pp. 1450–1464, Decembre 2006.

G. Dosi, et R. R. Nelson, « Technical Change and Industrial Dynamics as Evolutionary Processes, » Chapitre 3 dans *Handbook of the Economics of Innovation*, vol. 1, B. H. H. and N. Rosenberg, Ed. North-Holland, 2010, pp. 51–127.

G. Dosi, « Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change, » *Research policy*, vol. 11, no. 3, pp. 147–162, 1982.

G. Dosi, « Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation, » *Journal of economic literature*, pp. 1120–1171, 1988.

G. Dosi, « Economic Theory to the Understanding of a Knowledge-Based Economy, » *The Economic impact of knowledge*, p. 123, 2009.

J. Droff, « Le facteur spatial en économie de la défense : application à l'organisation du Maintien en Condition Opérationnelle (MCO) des matériels de défense, » thèse, Université de Bretagne occidentale - Brest, 2013.

J. P. Dunne, R. P. Smith, et D. Willenbockel, « Models of Military Expenditure and Growth: A Critical Review, » *Defence and Peace Economics*, vol. 16, no. 6, pp. 449–461, Janvier 2005.

C. Edquist, « The Systems of Innovation Approach and Innovation Policy: An account of the state of the art, » in *DRUID Conference, Aalborg*, pp. 12–15, 2001.

D. Elidrissi, V. Hauch, « Systèmes régionaux d'innovation : superpositions et articulations. L'exemple de Sophia Antipolis », *La Revue des Sciences de Gestion*, no. 233, pp. 59-66 5/2008.

H. El Younsi et D. Lebert, « Un retour au ratio de spécialisation pour interpréter les stratégies de développement des entreprises non financières : Europe et États-Unis, 1992-2007, » *Économie appliquée : archives de l'Institut de science économique appliquée*, vol. 67, no. 1, pp. 5–36, 2014.

H. El Younsi, D. Lebert, F.-X. Meunier, and C. Zyla, “Exploration, exploitation et cohérence technologique,” *Économie appliquée : archives de l'Institut de science économique appliquée*, vol. 68, no. 3, pp. 187–204, Novembre 2015.

B. Elzen, B. Enserink, et W. A. Smit, “Socio-technical networks: How a technology studies approach may help to solve problems related to technical change,” *Social Studies of Science*, vol. 26, no. 1, pp. 95–141, 1996.

B. Elzen, F. W. Geels, et K. Green, Eds., *System innovation and the transition to sustainability: theory, evidence and policy*. Cheltenham, UK ; Northampton, MA, USA: Edward Elgar, 2004.

J. P. Fan, et L. H. Lang, “The measurement of relatedness: An application to corporate diversification,” *The Journal of Business*, vol. 73, no. 4, pp. 629–660, 2000.

M. Farjoun, « Beyond industry boundaries: Human expertise, diversification and resource-related industry groups, » *Organization science*, vol. 5, no. 2, pp. 185–199, 1994.

E. Fauchart et M. Keilbach, « Testing a model of exploration and exploitation as innovation strategies, » *Small Business Economics*, vol. 33, no. 3, pp. 257–272, Octobre 2009.

E. Fauchart, « On knowledge sharing patterns among rival firms: the case of knowledge on safety, » dans DRUID Summer conference, 2003.

D. Fiott, « The Three Effects of Dual-Use: Firms, Capabilities, and Governance », *Brief Issue*, European Union Institute for Security Studies, no. 21, Juillet 2014

C. Flament, M. Pinard, R. Breton, et F. Fontaine, *Applications of graph theory to group structure*. Prentice-Hall Englewood Cliffs, NJ, 1963.

K. Flamm, *Creating the computer: government, industry, and high technology*. Brookings Institution Press, 1988.

L. Fleming and O. Sorenson, « Technology as a complex adaptive system: evidence from patent data, » *Research Policy*, vol. 30, no. 7, pp. 1019–1039, 2001.

D. Foray, « Recherche et technologie militaires : la remise en cause d'un modèle ?, » *Revue d'économie industrielle*, vol. 53, no. 1, pp. 99–114, 1990.

D. Foray et R. Guichard, “Le PEA: nouvel outil de politique technologique et de gestion de l'innovation de défense dans un environnement turbulent,” 2001.

N. J. Foss and J. F. Christensen, « A market-process approach to corporate coherence, » *Managerial and Decision Economics*, vol. 22, no. 4–5, pp. 213–226, Juin 2001.

C. Freeman, et L. Soete, *The economics of industrial innovation*. Psychology Press, 1997.

C. Freeman, « Main objectives and epistémological considerations, » Laboratory of Economics and Management (LEM), Sant'Anna School of Advanced Studies, Pisa, Italy, LEM Chapters Series, 1988.

C. Freeman, « Networks of innovators: a synthesis of research issues, » *Research policy*, vol. 20, no. 5, pp. 499–514, 1991.

L. C. Freeman, *The Development of Social Network Analysis*, *ΣP Empirical Press*, Vancouver, BC Canada, Janvier 2004.

N. E. Friedkin, « Theoretical foundations for centrality measures, » *American journal of Sociology*, pp. 1478–1504, 1991.

J.-J. Gagnepain, « Recherches publiques civile et de défense, » *L'Armement-Recherche civile, Recherche de defense*, no. 76, Décembre 2001.

C. S. Galbraith, A. F. De Noble, and S. B. Ehrlich, « 'Spin-In' Technology Transfer for Small R&D Bio-Technology Firms: The Case of Bio-Defense, » *The Journal of Technology Transfer*, vol. 29, no. 3–4, pp. 377–382, 2004.

E.-P. Gallié, et V. Méridol, « Quand la quantité de brevets ne va pas de pair avec la qualité: l'exemple du secteur de l'Aéronautique et de la Défense, » *Collection Résultats et recherches*, no. 3, Février 2015.

J. Gallo, « Information et pouvoir dans les organisations : un essai de quantification par la théorie des graphes d'influence, » Thèse, Université Paris 1 - Panthéon-Sorbonne, 2006.

J. S. Gansler, *Affording defense*. MIT Press, 1989.

E. Gholz, « America's innovation advantage: systems integration in the U.S. Defense Industry, » presented at the American Political Science Association, Boston, Massachusetts, 2002.

B. Gille, *Histoire des Techniques: techniques et civilisation, technique et sciences*. Encyclopédie de la Pléiade, 1978.

A. Gorz, *L'immatériel: connaissance, valeur et capital*. Ed. Galilée, 2003.

V. K. Goyal, K. Lehn, et S. Racic, « Growth opportunities and corporate debt policy: the case of the U.S. defense industry, » *Journal of Financial Economics*, vol. 64, no. 1, pp. 35–59, avril 2002.

R. Guichard, et F. Heisbourg, *Recherche militaire: vers un nouveau modèle de gestion?*. Paris: Economica, 2004.

R. Guichard, « La gestion de la dualité sous l'administration Clinton Glossaire, » Working Paper IMRI, no. 06, 2000.

R. Guichard, « Éléments pour un repositionnement de la R&D de défense au sein du système d'innovation français, » *Revue d'économie industrielle*, vol. 108, no. 1, pp. 7–20, 4^{ème} trimestre 2004a.

R. Guichard, « Quelles modalités pour une politique duale efficace en France ?, » *Innovations*, vol. 19, no. 1, p. 37, 2004b.

S. Guillou, N. Lazaric, C. Longhi, et S. Rochhia, « The French defence industry in the knowledge management era: A historical overview and evidence from empirical data, » *Research Policy*, vol. 38, no. 1, pp. 170–180, 2009.

F. Gutman, « Une dualité nécessaire », *L'Armement-Recherche civile, Recherche de defense*, no. 76, Décembre 2001.

P. Gummett, et J. Reppy, Eds., *The Relations between Defence and Civil Technologies*. Dordrecht: Springer Netherlands, 1988.

B. H. Hall, Adam Jaffe, et M. Trajtenberg, « Market value and patent citations, » *RAND Journal of economics*, pp. 16–38, 2005.

R. M. Ham, G. Linden, et M. M. Appleyard, « The evolving role of semiconductor consortia in the United States and Japan, » *California Management Review*, vol. 41, no. 1, pp. 137–163, 1998.

F. Harary, et R. Z. Norman, *Graph theory as a mathematical model in social science*, University of Michigan Press, Ann Arbor, 1953.

R. Henderson, A. B. Jaffe, et M. Trajtenberg, « Universities as a source of commercial technology: a detailed analysis of university patenting, 1965–1988, » *Review of Economics and statistics*, vol. 80, no. 1, pp. 119–127, 1998.

R. M. Henderson and K. B. Clark, « Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms, » *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, no. 1, p. 9, Mars 1990.

J. R. Hicks, *The Theory of Wages*, London: Macmillan, 1932.

M. Hobday, A. Davies, et A. Prencipe, « Systems integration: a core capability of the modern corporation, » *ICC*, vol. 14, no. 6, pp. 1109–1143, Decembre 2005.

M. Hobday, H. Rush, et J. Tidd, *Innovation in complex products and system*. North-Holland, 2000.

M. Hobday, « Product complexity, innovation and industrial organisation, » *Research policy*, vol. 26, no. 6, pp. 689–710, 1998.

M. Hobday, « The project-based organisation: an ideal form for managing complex products and systems?, » *Research policy*, vol. 29, no. 7, pp. 871–893, 2000.

l'IRIS : « L'origines des technologies critiques dans l'industrie de défense en France : spin-ins ou spin-offs entre la défense et le civil ? traitement qualitatif et quantitatif, » *Etude de prospective Stratégique*, DGRIS, no. 214, Octobre 2015.

A. B. Jaffe, M. Trajtenberg, et R. Henderson, « Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations, » *the Quarterly journal of Economics*, vol. 108, no. 3, pp. 577–598, 1993.

A. B. Jaffe, et M. Trajtenberg, « Flows of knowledge from universities and federal laboratories: Modeling the flow of patent citations over time and across institutional and geographic boundaries, » *proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 93, no. 23, pp. 12671–12677, 1996.

A. B. Jaffe and M. Trajtenberg, *Patents, Citations, and Innovations: A Window on the Knowledge Economy*. MIT Press, 2002.

A. B. Jaffe, « Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms' Patents, Profits, and Market Value, » *American Economic Review*, vol. 76, no. 5, pp. 984–1001, 1986.

A. B. Jaffe, « The US patent system in transition: policy innovation and the innovation process, » *Research policy*, vol. 29, no. 4, pp. 531–557, 2000.

C. Kennedy, « Induced Bias in Innovation and the Theory of Distribution, » *The Economic Journal*, vol. 74, no. 295, p. 541, Septembre 1964.

S. J. Kline and N. Rosenberg, « An overview of innovation, » *The positive sum strategy: Harnessing technology for economic growth*, vol. 14, p. 640, 1986.

J. Krafft, F. Quatraro, et P-P. Saviotti, « The Knowledge Base Evolution in Biotechnology: A Social Network Analysis. » 2011.

S. Kuhlmann, « Future governance of innovation policy in Europe—three scenarios, » *Research policy*, vol. 30, no. 6, pp. 953–976, 2001.

H. Kulve and W. A. Smit, « Civilian–military co-operation strategies in developing new technologies, » *Research Policy*, vol. 32, no. 6, pp. 955–970, 2003.

J. Ladrière, *Les enjeux de la rationalité: le défi de la science et de la technologie aux cultures*. Aubier-Montaigne, 1977.

A. Lafon, « L'ONERA : un acteur et un intégrateur de la recherche duale, » *L'Armement-Recherche civile, Recherche de défense*, no. 76, Décembre 2001.

R. Lantner, et D. Lebert, « Dominance et amplification des influences dans les structures linéaires, » *Économie appliquée : archives de l'Institut de science économique appliquée, Institut des sciences mathématiques et économiques appliquées — ISMEA*, vol. 68, no. 3 pp.143-165, Novembre 2015.

R. Lantner, « L'analyse de la dominance économique, » *Revue d'économie politique*, vol. 82, pp. 216–283, 1972.

R. Lantner, « Recherche sur l'interprétation du Determinant d'une Matrice Input-Output, » *Revue d'économie politique*, vol. 82, no. 2, pp. 435–42, 1972.

R. Lantner, *Théorie de la dominance économique*. Dunod, 1974.

G. Lapierre, « Similitudes et particularités de la recherche civile et de défense dans le domaine des communications acoustiques sous-marines, » *L'Armement-Recherche civile, Recherche de défense*, no. 76, Décembre 2001.

N. Lazaric, V. Mérindol, et S. Rochhia, « Changes in the French defence innovation system: New roles and capabilities for the Government Agency for Defence, » *Industry and Innovation*, vol. 18, no. 5, pp. 509–530, 2011.

H. J. Leavitt, « Some effects of certain communication patterns on group performance, » *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, vol. 46, no. 1, p. 38, 1951.

D. Lebert, H. E. Younsi, F. Lequeux, J. Gallo, et E. Zyla, « Les échanges industriels entre les pays du bassin méditerranéen : application d'un nouvel algorithme de clustering sur données de flux. », Hakim Ben Hammouda, Nassim Oulmane et René Sandretto : *Emergence en Méditerranée : attractivité, investissements internationaux et délocalisations*, L'Harmattan, 2009.

D. Lebert, et F.-X. Meunier, « Introverted or extroverted? Profiles of regional technological connectedness in Europe, » présenté au : WEAI 92nd Annual Conference, San Diego, Juin 2017.

D. Lebert, et H. El Younsi, « Théorie de la dominance économique : indicateurs structuraux sur les relations interafricaines, » *Économie appliquée : archives de l'Institut de science économique appliquée, Institut des sciences mathématiques et économiques appliquées — ISMEA*, vol. 68, no. 3, pp. 167–186, Novembre 2015.

D. Lebert, R. L. Goff, F.-X. Meunier, et C. Zyla, « Théorie de la dominance économique et dynamiques cognitives des territoires, » présenté au Séminaires du Centre de Recherche en Gestion, Ecole Polytechnique, 2016.

R. Le Goff, et F. Carluier, « NTIC et apprentissage multimodal localisé : vers la constitution d'un ' Espace Serviciel '?, » *Économie appliquée : archives de l'Institut de science économique appliquée, Institut des sciences mathématiques et économiques appliquées — ISMEA*, no. 3, 2002.

F. Lequeux, « Concurrence et effets de dominance économique dans l'industrie multimédia. » Thèse, Université Paris 1 - Panthéon-Sorbonne, 2002.

R. C. Levin, W. M. Cohen, et D. C. Mowery, « R & D appropriability, opportunity, and market structure: new evidence on some Schumpeterian hypotheses, » *The American Economic Review*, vol. 75, no. 2, pp. 20–24, 1985.

L. Leydesdorff, F. Alkemade, G. Heimeriks, R. Hoekstra, « Patents as instruments for exploring innovation dynamics: geographic and technological perspectives on 'photovoltaic cells' ». *Scientometrics*. 2014.

F. R. Lichtenberg, « The impact of the strategic defense initiative on US civilian R&D investment and industrial competitiveness, » *Social Studies of Science*, vol. 19, no. 2, pp. 265–282, 1989.

W.-M. Lu, Q. L. Kweh, M. Nourani, and F.-W. Huang, « Evaluating the efficiency of dual-use technology development programs from the R&D and socio-economic perspectives, » *Omega*, 2015.

R. D. Luce and A. D. Perry, « A method of matrix analysis of group structure, » *Psychometrika*, vol. 14, no. 2, pp. 95–116, 1949.

B.-A. Lundvall, *Product innovation and user-producer interaction*. Aalborg: Univ. Press, 1985.

B.-A. Lundvall, « National innovation system: towards a theory of innovation and interactive learning, » *Pinter, London*, 1992.

D. A. MacKenzie and J. Wajcman, Eds., *The social shaping of technology*, 2ème édition. Buckingham ;[Philadelphia: Open University Press, 1999.

D. A. MacKenzie, *Inventing accuracy: A historical sociology of nuclear missile guidance*. MIT press, 1993.

D. A. MacKenzie, *Knowing machines: Essays on technical change*. MIT Press, 1998.

F. Malerba, « Sectoral Systems of Innovation and Production, » présenté : DRUID : National Innovation Systems, Industrial Dynamics and Innovation Policy, Rebuild, 1999.

F. Malerba, « Sectoral systems of innovation and production, » *Research policy*, vol. 31, no. 2, pp. 247–264, 2002.

J. Malizard, « Does military expenditure crowd out private investment? A disaggregated perspective for the case of France, » *Economic Modelling*, vol. 46, pp. 44–52, Avril 2015.

E. Mansfield, M. Schwartz, et S. Wagner, « Imitation Costs and Patents: An Empirical Study, » *The Economic Journal*, vol. 91, no. 364, pp. 907–918, 1981.

J. G. March, « Exploration and exploitation in organizational learning, » *Organization science*, vol. 2, no. 1, pp. 71–87, 1991.

J. Markard, et B. Truffer, « Technological innovation systems and the multi-level perspective: Towards an integrated framework, » *Research Policy*, vol. 37, no. 4, pp. 596–615, Mai 2008.

N. Massard, et C. Mehier, « Proximity and Innovation through an « Accessibility to Knowledge » Lens' », *Regional Studies*, no. 43, pp. 77–88, 2009.

B. Maurseth, B. Verspagen, « Knowledge spillovers in Europe and its consequences for systems of innovation, » *ECIS Working Paper*, no. 98-001, 1998.

O. Meier, et I. Hunger, « Between Control and Cooperation: Dual-Use, Technology Transfers and the Non-Proliferation of Weapons of Mass Destruction, » Deutsche Stiftung Friedensforschung, 2014.

V. Mérindol et E. Fortune, « Analyse des informations disponibles dans la base Patstat, » OST - Observatoire des sciences et des techniques, 2009.

V. Mérindol, et D. W. Versailles, « Explanations of the Triptych Government/ Industry/ Academic, » *Management of Technology: New Directions in Technology Management*, Elsevier., M.H Sherif et T.M Khalil, pp. 137–155, 2007.

V. Mérindol, et D. W. Versailles, « Dual-use as Knowledge-Oriented Policy: France during the 1990–2000s, » *Int. J. Technology Management*, vol. 50, no. 1, 2010.

V. Mérindol, et D. W. Versailles, « La cohérence technologies–produits au sein des firmes multi-technologiques: le rôle clé des portefeuilles de business models, » présenté : XXIVe Conférence Internationale de Management Stratégique, Juin 2015a.

V. Mérindol, et D.W. Versailles, « La dualité dans la stratégie des entreprises, » *Ecodef*, no. 70, Janvier 2015b.

V. Mérindol, « Chapitre 4. R&D de défense et coordination civile-militaire, » *L'innovation et l'économie contemporaine, Économie, Société, Région*, pp. 85–113, 2004.

V. Mérindol, « La défense dans les réseaux d'innovation: une analyse en termes de compétences, » *Revue d'économie industrielle*, vol. 112, no. 1, pp. 45–64, 2005.

V. Mérindol, « New Approaches for Military Innovation in Knowledge-Based Economics: An Inquiry into the New Role of Defence in Innovation Processes, » Working Paper IMRI, no. 2, 2010.

F.-X. Meunier, et C. Zyla, eFirm growth and knowledge flows: comparative analysis between defence and civil areas, » *Journal of Innovation Economics & Management*, no. 2, pp. 89–108, 2016.

J. Molas-Gallart, et T. Sinclair, « From technology generation to technology transfer: the concept and reality of the 'Dual-Use Technology Centres,' » *Technovation*, vol. 19, no. 11, pp. 661–671, Novembre 1999.

J. Molas-Gallart, et P. Tang, « Ownership matters: Intellectual Property, privatization and innovation, » *Research Policy*, vol. 35, no. 2, pp. 200–212, Mars 2006.

J. Molas-Gallart, « Country survey IX: Spain, » *Defence and Peace Economics*, vol. 8, no. 3, pp. 267–306, Juin 1997.

J. Molas-Gallart, « Which way to go? Defence technology and the diversity of ‘dual-use’ technology transfer, » *Research Policy*, vol. 26, no. 3, pp. 367–385, Octobre 1997.

J. Molas-Gallart, « Defence procurement as an industrial policy tool: The Spanish experience, » *Defence and Peace Economics*, vol. 9, no. 1–2, pp. 63–81, Mars 1998.

J. Molas-Gallart, « Government defence research establishments: The uncertain outcome of institutional change¹, » *Defence and Peace Economics*, vol. 12, no. 5, pp. 417–437, Janvier 2001.

C. A. Montgomery, *Diversification, market structure, and firm performance: An extension of Rumelt's model*. Purdue University, 1979.

C. A. Montgomery, « Corporate diversification, » *The Journal of Economic Perspectives*, vol. 8, no. 3, pp. 163–178, 1994.

H. Moraillon, « Dualité de la recherche aéronautique : mythe ou réalité ?, » *L'Armement-Recherche civile, Recherche de defense*, no. 76, Décembre 2001.

S. Moura, « L'état dans le financement de la R&D militaire des entreprises, » *Ecodef*, no. 54, 2011.

D. C. Mowery, et N. Rosenberg, *Technology and the pursuit of economic growth*. Cambridge University Press, 1989.

D. C. Mowery, « National security and national innovation systems, » *Journal of Technology Transfers*, vol. 34, no. 5, p. 455, Octobre 2009.

D. C. Mowery, « Chapter 29 - Military R&D and Innovation, » *Handbook of the Economics of Innovation*, vol. 2, B. H. H. and N. Rosenberg, Ed. North-Holland, pp. 1219–1256, 2010.

M. Nasiriyar, L. Nesta, et L. Dibiaggio, « The moderating role of the complementary nature of technological resources in the diversification-performance relationship, » *Industrial and Corporate Change*, vol. 23, no. 5, pp. 1357–1380, Octobre 2013.

R. R. Nelson, et S. G. Winter, “Growth theory from an evolutionary perspective: the differential productivity puzzle,” *The American Economic Review*, pp. 338–344, 1975.

R. R. Nelson, *National innovation systems: a retrospective on a study*. University of California at Berkeley, Center for Research in Management, Consortium on Competitiveness & Cooperation, 1992.

L. Nesta, et P. P. Saviotti, ‘Coherence of the Knowledge Base and the Firm’s Innovative Performance: Evidence from the U.S. Pharmaceutical Industry, » *The Journal of Industrial Economics*, vol. 53, no. 1, pp. 123–142, Mas. 2005.

L. Nesta, et P-P. Saviotti, « Firm knowledge and market value in biotechnology, » *ICC*, vol. 15, no. 4, pp. 625–652, Aout 2006.

R. G. Newell, A. B. Jaffe, et R. N. Stavins, « The induced innovation hypothesis and energy-saving technological change, » National Bureau of Economic Research, 1998.

J. Niosi, B. Bellon, P. Saviotti, et M. Crow, « Les systèmes nationaux d'innovation : à la recherche d'un concept utilisable, » *Revue française d'économie*, vol. 7, no. 1, pp. 215–250, 1992.

J. Niosi, « National systems of innovations are 'x-efficient'(and x-effective): Why some are slow learners, » *Research policy*, vol. 31, no. 2, pp. 291–302, 2002.

OCDE, « Manuel d'Oslo, » *Commission Européenne, Eurostat*, 1997.

O. Olsson, “Knowledge as a Set in Idea Space: An Epistemological View on Growth,” *Journal of Economic Growth*, vol. 5, no. 3, pp. 253–275, Sep. 2000.

T. Padmore, et H. Gibson, “Modelling systems of innovation:: II. A framework for industrial cluster analysis in regions,” *Research Policy*, vol. 26, no. 6, pp. 625–641, février 1998.

E. T. Penrose, *The theory of the growth of the firm*, New York: Sharpe, 1959.

Perroux F. *Pouvoir et économie*, Dunod, Paris. Repris dans *Pouvoir et économie généralisée*, PUG, Grenoble, 1973, 1994.

F. Perroux, « Esquisse d'une théorie de l'économie dominante, » *Économie appliquée : archives de l'Institut de science économique appliquée, Institut des sciences mathématiques et économiques appliquées — ISMEA*, vol. 1, no. 2–3, 1948.

T. J. Pinch and W. E. Bijker, « The social construction of facts and artefacts: Or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other, » *Social studies of science*, vol. 14, no. 3, pp. 399–441, 1984.

L. Piscitello, « Relatedness and coherence in technological and product diversification of the world's largest firms, » *Structural Change and Economic Dynamics*, vol. 11, no. 3, pp. 295–315, 2000.

L. Piscitello, « Corporate Diversification, Coherence and Firm Innovative Performance, » *Revue d'économie industrielle*. Vol. 110. pp. 127-148. 2ème trimestre 2005.

M. Polanyi, *The tacit dimension*. Gloucester, Mass.: Peter Smith, 1983.

C. Ponsard, « Les graphes de transfert et l'analyse économique des systèmes interrégionaux (suite), » *Revue économique*, vol. 18, no. 4, pp. 543–575, 1967.

C. Ponsard, « De l'influence de paramètres singuliers sur le comportement d'un système linéaire de flux interrégionaux, » *Revue d'économie politique*, vol. 78, no. 4, 1968.

W. W. Powell, et E. Giannella, « Chapter 13 - Collective Invention and Inventor Networks, » *Handbook of the Economics of Innovation*, vol. 1, B. H. Hall and N. Rosenberg, Ed. North-Holland, pp. 575–60, 2010.

A. Prencipe, « Technological competencies and product's evolutionary dynamics a case study from the aero-engine industry, » *Research policy*, vol. 25, no. 8, pp. 1261–1276, 1997.

A. Prencipe, « Breadth and depth of technological capabilities in CoPS: the case of the aircraft engine control system, » *Research Policy*, vol. 29, no. 7, pp. 895–911, 2000.

A. Quenzer, « La dualité : ses fluctuations et son nouveau souffle, » *L'Armement-Recherche civile, Recherche de defense*, no. 76, Décembre 2001.

R. Ram, « Defense expenditure and economic growth, » *Handbook of defense economics*, vol. 1, pp. 251–274, 1995.

M. I. Reed, « Organization, trust and control: a realist analysis, » *Organization studies*, vol. 22, no. 2, pp. 201–228, 2001.

J. Robins, et M. F. Wiersema, « A resource-based approach to the multibusiness firm: Empirical analysis of portfolio interrelationships and corporate financial performance, » *Strategic Management Journal*, vol. 16, no. 4, pp. 277–299, 1995.

L. Rondi, et D. Vannoni, « Are EU leading firms returning to core business? Evidence on refocusing and relatedness in a period of market integration, » *Review of Industrial Organization*, vol. 27, no. 2, pp. 125–145, 2005.

N. Rosenberg, *Perspectives on technology*. CUP Archive, 1976.

R. P. Rumelt, *Strategy, structure, and economic performance*, Harvard University Press, Décembre 1974.

F. Sachwald, *Defence industry restructuring: the end of an economic exception*. Paris : IFRI, 1999.

G. R. Salancik, « An Index of Subgroup Influence in Dependency Networks, » *Administrative Science Quarterly*, vol. 31, no. 2, pp. 194–211, 1986.

H. M. Sapsolsky, « Inventing systems integration, » *The business of systems integration*, pp. 15–34, 2003.

J. Schumpeter, « Théorie de l'évolution économique Recherches sur le profit, le crédit, l'intérêt et le cycle de la conjoncture, Paris, Dalloz, 1935, » *Theory of Economic Development*, 1911.

C. Serfati, « Défense et politique technologique: Quelques questions en débat, » *Innovations*, vol. 21, no. 1, p. 21, 2005.

C. Serfati, « Le rôle de l'innovation de Défense dans le système national d'innovation de la France, » *Innovations*, vol. 28, no. 2, p. 61, 2008.

K. Smith, « innovation as a systemic phenomenon: rethinking the role of policy, » *Enterprise and innovation management studies*, vol. 1, no. 1, pp. 73–102, 2000.

O. Sorenson and L. Fleming, « Science and the diffusion of knowledge, » *Research Policy*, vol. 33, no. 10, pp. 1615–1634, Décembre 2004.

M. Storper, « Regional technology coalitions an essential dimension of national technology policy, » *Research policy*, vol. 24, no. 6, pp. 895–911, 1995.

J. Stowsky, « Secrets to shield or share? new dilemmas for military R&D policy in the digital age, » *Research Policy*, vol. 33, no. 2, pp. 257–269, Mar. 2004.

D. J. Teece, Rumelt Richard, G. Dosi, et S. Winter, « Understanding corporate coherence, » *Journal of Economic Behavior and Organization*, vol. 23, pp. 1–30, 1994.

D. J. Teece, « Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy, » *Research policy*, vol. 15, no. 6, pp. 285–305, 1986.

D. Teece J., « Strategies for Managing Knowledge Assets: The Role of Firm Structure and Industrial Context, » *Long Range Planning*, Février 2000.

D. J. Teece, “Reflections on ‘Profiting from Innovation,’” *Research Policy*, vol. 35, no. 8, pp. 1131–1146, Octobre 2006.

M. Trajtenberg, “Defense R&D in the Anti-Terrorist Era,” *Defence and Peace Economics*, vol. 17, no. 3, pp. 177–199, Juin 2006.

D.-G. Tremblay, « Innovation, management stratégique et économie: comment la théorie économique rend-elle compte de l’innovation dans l’entreprise ? », *Working paper Chair de recherche du Canada sur les enjeux socio-organisationnels de l’économie du savoir*, 2003.

J. B. Tucker, « Dilemmas of a dual-use technology: Toxins in medicine and warfare, » *Politics and the Life Sciences*, pp. 51–62, 1994.

K. Ulrich, « The role of product architecture in the manufacturing firm, » *Research policy*, vol. 24, no. 3, pp. 419–440, 1995.

US congress, Office of Technology Assessment, « Arming Our Allies: Cooperation and Competition in Defense Technology, » Washington D.C., OTA-ISC-449, Mai 1990.

J. M. Utterback et W. J. Abernathy, « A Dynamic Model of Process and Product Innovation, » *The Economics of Innovation*, Hants, pp. 424–441, Décembre 1975.

D. Uzunidis and M. A. Bailly, “Politiques de recherche et innovation militaire : Schumpeter versus Smith aux Etats-Unis et en Europe,” *Innovations*, vol. 21, no. 1, p. 43, 2005.

D.W. Versailles, et V. Mérindol, « La dualité dans les entreprises de défense, » *Étude prospective et stratégique commanditée par le Ministère de la Défense*, no. 42, ESG Management School, 2014.

D.W. Versailles, « introduction. Défense, organisation industrielle et réseaux de connaissances, » *Revue d’économie industrielle*, vol. 112, no. 1, pp. 11–25, 2005.

B. Verspagen and C. Werker, « Keith Pavitt and the Invisible College of the Economics of Technology and Innovation, » *Research Policy*, vol. 33, no. 9, pp. 1419–1431, Novembre 2004.

B. Verspagen, W. Schoenmakers, « The spatial dimension of knowledge spillovers in Europe: evidence from firm patenting data, » *ECIS Working paper*, no.00-012, 2000.

B. Verspagen, « Measuring Intersectoral Technology Spillovers: Estimates from the European and US Patent Office Databases, » *Economic Systems Research*, vol. 9, no. 1, 1997.

B. Verspagen, « Structural Change and Technology: A Long View, » *Revue économique*, vol. 55, no. 6, p. 1099, 2004.

E. Von Hippel, « Cooperation between rivals: informal know-how trading, » *Research Policy*, no. 16, pp. 157–175, 1987.

E. A. von Hippel, et C. Herstatt, « From experience: Developing new product concepts via the lead user method: A case study in a 'low-tech' field, » *Journal of Product Innovation Management*, 1992.

S. Winter, « Knowledge and competence as strategic assets, » *The strategic management of intellectual capital*, vol. 187, 1998.

S. G. Winter and R. R. Nelson, « An evolutionary theory of economic change, » *University of Illinois at Urbana-Champaign's Academy for Entrepreneurial Leadership Historical Research Reference in Entrepreneurship* 1982.

C. Zyla, « Les processus de section en économie : formalisation et démonstration de leur existence en dynamique industrielle » Thèse, Université Paris1 Panthéon-Sorbonne, à soutenir

ANNEXES

Annexe 1 : Données entreprises Ayant une Activité de Défense.

Le jeu de données sur les entreprises AAD de notre échantillon présente les caractéristiques suivantes entre 2010 et 2012 :

Nom	Pays	Secteur industriel (ICB-3D)	Activité défense (%)	R&D (€million)	Chiffre d'affaires (€million)
ALLIANT TECHSYSTEMS	Etats-Unis	Défense aérospatial	55	49,02 €	3 306,16 €
AVIO	Italie	Défense aérospatial	*25	41,22 €	1 768,81 €
BAE SYSTEMS	GB	Défense aérospatial	95	188,97 €	19 962,41 €
BOEING	Etats-Unis	Défense aérospatial	43	2 252,54 €	61 920,57 €
CAE	Canada	Défense aérospatial	47	83,93 €	1 602,74 €
CHEMRING	GB	Défense aérospatial	94	29,42 €	885,40 €
COBHAM	GB	Défense aérospatial	73	90,18 €	2 092,28 €
CURTISS-WRIGHT	Etats-Unis	Défense aérospatial	42	45,26 €	1 589,90 €
DASSAULT AVIATION	France	Défense aérospatial	26	359,13 €	3 941,23 €
DIEHL	Allemagne	Industrie générale	34	303,29 €	2 929,29 €
EADS	Pays-Bas	Défense aérospatial	24	3 630,00 €	56 480,00 €
ELBIT SYSTEMS	Israël	Défense aérospatial	95	176,89 €	2 189,33 €
EMBRAER	Brésil	Défense aérospatial	16	217,22 €	3 388,48 €
ESTERLINE TECHNOLOGIES	Etats-Unis	Défense aérospatial	43	81,66 €	1 510,02 €
FIAT INDUSTRIAL	Italie	Industrie mécanique	1	796,00 €	25 785,00 €
FINCANTIERI	Italie	Industrie mécanique	35	62,00 €	2 301,05 €
FINMECCANICA	Italie	Défense aérospatial	58	1 812,00 €	17 218,00 €

GENCORP	Etats-Unis	Défense aérospatial	82	22,96 €	754,05 €
GENERAL DYNAMICS	Etats-Unis	Défense aérospatial	70	283,46 €	23 884,34 €
GENERAL ELECTRIC	Etats-Unis	Industrie générale	3	3 410,64 €	110 000,00 €
GKN	GB	Automobile	11	215,28 €	7 785,95 €
HARRIS	Etats-Unis	Matériel et équipement technologique	58	276,34 €	3 874,26 €
HEWLETT- PACKARD	Etats-Unis	Matériel et équipement technologique	2	2 576,17 €	90 870,85 €
HONEYWELL	Etats-Unis	Industrie générale	15	1 399,88 €	28 547,07 €
HYUNDAI MOTOR	Corée du Sud	Automobile	16	934,04 €	59 799,47 €
IAI	Israël	Défense aérospatial	75	118,24 €	2 535,24 €
IHI	Japon	Industrie mécanique	8	230,87 €	10 999,25 €
INDUSTRIA DE TURBO PROPULSOIRES	Espagne	Défense aérospatial	*30	76,90 €	1 163,10 €
ITT	Etats-Unis	Industrie générale	59	47,52 €	1 688,49 €
JFE	Japon	Métallurgie et exploitation minière	*5	294,78 €	27 927,86 €
KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES	Japon	Industrie générale	11	365,25 €	11 286,76 €
KONGSBERG GRUPPEN	Norvège	Défense aérospatial	52	113,48 €	2 129,80 €
L-3 COMMUNICATIO NS	Etats-Unis	Défense aérospatial	83	66,70 €	9 963,62 €
LOCKHEED MARTIN	Etats-Unis	Défense aérospatial	77	466,88 €	35 760,20 €
MEGGITT	GB	Défense aérospatial	41	116,13 €	1 920,53 €
MITSUBISHI ELECTRIC	Japon	Equipement électrique et électronique	3	1 379,42 €	31 237,91 €
MITSUBISHI HEAVY	Japon	Industrie générale	9	495,10 €	24 676,35 €
MOOG	Etats-Unis	Défense aérospatial	41	88,22 €	1 871,71 €
MTU AERO	Allemagne	Défense	*20	160,70 €	3 378,60 €

ENGINES		aérospatial			
NAVISTAR INTERNATIONAL	Etats-Unis	Industrie mécanique	12	408,52 €	9 813,55 €
NEC	Japon	Logiciel et informatique	4	1 328,23 €	26 898,15 €
NEXTER	France	Défense aérospatial	97	57,34 €	741,95 €
NORTHROP GRUMMAN	Etats-Unis	Equipement électrique et électronique	77	394,12 €	19 113,23 €
OSHKOSH	Etats-Unis	Industrie mécanique	60	82,69 €	6 200,47 €
PILATUS AIRCRAFT	Suisse	Défense aérospatial	*50	56,23 €	490,34 €
QINETIQ	GB	Services et support	69	29,78 €	1 588,05 €
RAYTHEON	Etats-Unis	Equipement électrique et électronique	92	533,58 €	18 503,87 €
RHEINMETALL	Allemagne	Automobile	49	229,00 €	4 704,00 €
ROCKWELL COLLINS	Etats-Unis	Défense aérospatial	58	242,53 €	3 581,93 €
ROLLS-ROYCE	GB	Défense aérospatial	26	749,89 €	14 544,53 €
RUAG	Suisse	Défense aérospatial	50	33,90 €	1 439,60 €
SAAB	Suède	Défense aérospatial	83	130,85 €	2 797,70 €
SAFRAN	France	Défense aérospatial	32	1 109,00 €	13 615,00 €
SAMSUNG TECHWIN	Corée du Sud	Biens de consommation	54	132,99 €	2 077,59 €
IRKUT	Russie	Défense aérospatial	84	60,14 €	1 160,27 €
SERCO	GB	Services et support	30	132,76 €	5 875,94 €
SIEMENS	Allemagne	Equipement électrique et électronique	*3	4 572,00 €	78 296,00 €
SPIRIT AEROSYSTEMS	Etats-Unis	Défense aérospatial	*5	25,85 €	4 091,03 €
TELEDYNE TECHNOLOGIES	Etats-Unis	Défense aérospatial	*40	99,74 €	1 612,32 €
TEXTRON	Etats-Unis	Défense aérospatial	31	442,63 €	9 274,67 €
THALES	France	Défense aérospatial	53	699,50 €	14 158,10 €
THYSSENKRUPP	Allemagne	Métallurgie et	3	242,00 €	40 124,00 €

		exploitation minière			
TRIUMPH	Etats-Unis	Défense aérospatial	32	46,44 €	2 806,35 €
ULTRA ELECTRONICS	GB	Défense aérospatial	74	55,69 €	909,95 €
UNITED TECHNOLOGIES	Etats-Unis	Défense aérospatial	21	1 797,03 €	43 738,06 €
MOYENNE			41	570,00€	15 832,04€
ECART TYPE			29	924,38€	22 913,81€
MEDIANE			41	215,28€	4 091,03€

(* Dire d'expert)

Les données de brevets relatives à ces entreprises sont :

Nombre de firmes AAD ayant déposé des familles de brevets dans les offices étudiés : — 65

Nombre de familles de brevets : — 368 253

Nombre de familles de brevets citant uniques : — 35 000

Nombre moyen de familles de brevets citant uniques par entreprises : — 538,46

Nombre de classes technologiques uniques pour les familles de brevets citant : — 612

Nombre moyen de classes technologiques uniques par famille de brevet citant : — 3,42

Nombre de familles de brevets uniques cités : — 246 434

Nombre moyen de familles de brevets uniques cités par entreprise : — 3 791

Nombre de classes technologiques uniques pour les familles de brevets cités : — 636

Nombre moyen de classe technologique par famille de brevets cités : — 3,76

Annexe 2 : Récapitulatif des SCT.

Cette représentation des SCT permet de mieux comprendre la manière dont ils ont été construits. Les regroupements entre les SCT sont signifiés par le biais des encadrements noir. Les scores indiqués sous les noms des SCT sont ceux auxquels les SCT apparaissent comme complets tandis que les scores indiqués en rouge sont ceux auxquels la première liaison, c'est-à-dire la synergie la plus forte entre deux classes technologiques apparaît pour chaque SCT. Ces classes sont surlignées en jaune.

Dont le cœur technologique apparaît à 35%

A45F	MATERIEL DE VOYAGE OU DE CAMPING; SACS OU PAQUETAGES PORTÉS SUR LE		
F41C	ARMES À FEU INDIVIDUELLES ; ACCESSOIRES POUR CES ARMES	EQUIPEMENT DU MILITAIRE	
F41J	CIBLES; CHAMPS DE TIR; COLLECTEURS DE BALLES		
D03D	TISSUS; MÉTHODES DE TISSAGE; MÉTIERS À TISSER		
F41F	APPAREILS POUR LANCER DES PROJECTILES À PARTIR D'UN TUBE, p.ex. CANONS ; LANCEURS DE ROQUETTES OU DE TORPILLES; CANONS LANCE-HARPONS		
	CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT OU DÉTAILS COMMUNS À LA FOIS		
F41A	AUX ARMES À FEU INDIVIDUELLES ET AUX PIÈCES D'ARTILLERIE, p.ex. CANONS; MONTAGE DES ARMES À FEU INDIVIDUELLES OU DES PIÈCES D'ARTILLERIE		SCT02 ARMEMENT 1%
F41G	APPAREILS DE VISÉE; POINTAGE		
F42B	CHARGES EXPLOSIVES, p.ex. POUR LE SAUTAGE; FEUX D'ARTIFICES; MUNITIONS	SCT01	
F42C	FUSÉES POUR MUNITIONS ; LEURS DISPOSITIFS D'ARMEMENT OU DE SÉCURITÉ	MISSILES	
	COMPOSITIONS EXPLOSIVES OU THERMIQUES ; LEUR FABRICATION ; EMPLOI D'UNE SUBSTANCE, UTILISÉE SEULE, COMME EXPLOSIF	3%	
C06B	DISPOSITIFS DÉTONANTS OU D'AMORÇAGE; CORDEAUX OU MÊCHES; ALLUMEURS		
C06C	CHIMIQUES; COMPOSITIONS PYROPHORIQUES		
	MOYENS POUR PRODUIRE DE LA FUMÉE OU DU BROUILLARD; COMPOSITIONS		
C06D	POUR GAZ DE COMBAT; PRODUCTION DE GAZ POUR LE SAUTAGE OU LA PROPULSION (PARTIE CHIMIQUE)		

F03B	"MACHINES" OU MACHINES MOTRICES À LIQUIDES				
F16J	PISTONS; CYLINDRES; RÉCIPIENTS SOUS PRESSION EN GÉNÉRAL; JOINTS D'ÉTANCHÉITÉ				
F23C	PROCÉDÉS OU APPAREILS À COMBUSTION UTILISANT DES COMBUSTIBLES FLUIDES OU DES COMBUSTIBLES SOLIDES EN SUSPENSION DANS L'AIR				
F02K	ENSEMBLES FONCTIONNELS DE PROPULSION PAR RÉACTION				
F04D	POMPES À DÉPLACEMENT NON POSITIF				
F01D	"MACHINES" OU MACHINES MOTRICES À DÉPLACEMENT NON POSITIF, p.ex. TURBINES À VAPEUR				
F02C	ENSEMBLES FONCTIONNELS DE TURBINES À GAZ; ENTRÉES D'AIR POUR ENSEMBLES FONCTIONNELS DE PROPULSION PAR RÉACTION; COMMANDE DE L'ALIMENTATION EN COMBUSTIBLE, DANS DES ENSEMBLES FONCTIONNELS DE PROPULSION PAR RÉACTION ALIMENTÉS EN AIR AMBIANT	SCT03 REACTEUR/ PROPULSION 1%			
F23R	ÉLABORATION DES PRODUITS DE COMBUSTION À HAUTE PRESSION OU À GRANDE VITESSE, p.ex. CHAMBRES DE COMBUSTION DE TURBINES À GAZ				
F23D	BRÛLEURS				
F23N	RÉGLAGE OU COMMANDE DE LA COMBUSTION				
F24H	APPAREILS DE CHAUFFAGE DE FLUIDES, p.ex. DE L'AIR OU DE L'EAU, COMPORTANT DES MOYENS DE PRODUCTION DE CHALEUR, EN GÉNÉRAL				
F02G	ENSEMBLES FONCTIONNELS DE MOTEURS À GAZ CHAUDS OU À PRODUITS DE COMBUSTION, À DÉPLACEMENT POSITIF ; UTILISATION DE LA CHALEUR PERDUE DES MOTEURS À COMBUSTION, NON PRÉVUE AILLEURS				
F41H	BLINDAGE; TOURELLES CUIRASSÉES; VÉHICULES BLINDÉS OU ARMÉS; MOYENS D'ATTAQUE OU DE DÉFENSE, p.ex. CAMOUFLAGE, EN GÉNÉRAL				
B60D	LIAISONS POUR VÉHICULES (éléments des systèmes de freins B60T 17/04)	SCT04 VEHICULE DE DEFENSE 3%			
B62D	VÉHICULES À MOTEURS; REMORQUES				
B60G	SUSPENSION DES VÉHICULES (véhicules à coussin d'air B60V; assemblages entre la caisse et le châssis du véhicule B62D 24/00) [5]				
F16F	RESSORTS; AMORTISSEURS; MOYENS POUR AMORTIR LES VIBRATIONS				
H03G	RÉGLAGE DE L'AMPLIFICATION	AMPLIFICATION			
H03F	AMPLIFICATEURS				
H04M	COMMUNICATIONS TÉLÉPHONIQUES				
H03D	DÉMODULATION OU TRANSFERT DE MODULATION D'UNE ONDE PORTEUSE À UNE AUTRE	COMMUNICATION			
H04K	COMMUNICATIONS SECRÈTES; BROUILLAGE DES COMMUNICATIONS				
G05B	SYSTÈMES DE COMMANDE OU DE RÉGULATION EN GÉNÉRAL; ÉLÉMENTS FONCTIONNELS DE TELS SYSTÈMES; DISPOSITIFS DE CONTRÔLE OU D'ESSAIS DE TELS SYSTÈMES OU ÉLÉMENTS				
G06N	SYSTÈMES DE CALCULATEURS BASÉS SUR DES MODÈLES DE CALCUL SPÉCIFIQUES				
G06Q	SYSTÈMES OU MÉTHODES DE TRAITEMENT DE DONNÉES, SPÉCIALEMENT ADAPTÉS À DES FINS ADMINISTRATIVES, COMMERCIALES, FINANCIÈRES, DE GESTION, DE SURVEILLANCE OU DE PRÉVISION; SYSTÈMES OU MÉTHODES SPÉCIALEMENT ADAPTÉS À DES FINS ADMINISTRATIVES, COMMERCIALES, FINANCIÈRES, DE GESTION, DE SURVEILLANCE OU DE PRÉVISION, NON PRÉVUS AILLEURS [2006.01]	SCT05 SYSTÈME DE COMMUNICATION 8%			SCT10 DRONE DE DEFENSE <1%
G06F	TRAITEMENT ÉLECTRIQUE DE DONNÉES NUMÉRIQUES				
H04L	TRANSMISSION D'INFORMATION NUMÉRIQUE, p.ex. COMMUNICATION TÉLÉGRAPHIQUE				
H04B	TRANSMISSION				
H04W	RÉSEAUX DE TÉLÉCOMMUNICATIONS SANS FIL				
H04J	COMMUNICATION MULTIPLEX				
H03H	RÉSEAUX D'IMPÉDANCES, p.ex. CIRCUITS RÉSONNANTS; RÉSONATEURS				
H01P	GUIDES D'ONDES; RÉSONATEURS, LIGNES OU AUTRES DISPOSITIFS DU TYPE GUIDE D'ONDES				
H01C	ANTENNES				
G01S	DÉTERMINATION DE LA DIRECTION PAR RADIO; RADIO-NAVIGATION; DÉTERMINATION DE LA DISTANCE OU DE LA VITESSE EN UTILISANT DES ONDES RADIO; LOCALISATION OU DÉTECTION DE LA PRÉSENCE EN UTILISANT LA RÉFLEXION OU LA RERADIATION D'ONDES RADIO; DISPOSITIONS ANALOGUES UTILISANT D'AUTRES ONDES	SCT06 SYSTÈME DE GUIDAGE 7%			
G01C	MESURE DES DISTANCES, DES NIVEAUX OU DES RELÈVEMENTS; GÉODÉSIE; NAVIGATION; INSTRUMENTS GYROSCOPIQUES; PHOTOGRAMMÉTRIE OU VIDÉOGRAMMÉTRIE				
G08G	SYSTÈMES DE COMMANDE DU TRAFIC				
G05D	SYSTÈMES DE COMMANDE OU DE RÉGULATION DES VARIABLES NON ÉLECTRIQUES				
B64C	AÉROPLANES; HÉLICOPTÈRES				
B64D	INSTALLATIONS OU ÉQUIPEMENTS À BORD DES AÉRONEFS; COMBINAISONS DE VOL; PARACHUTES; INSTALLATIONS OU AMÉNAGEMENTS DES ENSEMBLES MOTEURS OU DES TRANSMISSIONS DE LA PROPULSION À BORD DES AÉRONEFS	SCT07 AERONEF 15%			
					AERONAUTIQUE/DEFENSE

B01D	SÉPARATION		
B01J	PROCÉDÉS CHIMIQUES OU PHYSIQUES, p.ex. CATALYSE, CHIMIE DES COLLOÏDES; APPAREILLAGE APPROPRIÉ		
C07C	COMPOSÉS ACYCLIQUES OU CARBOCYCLIQUES		
C10G	CRAQUAGE DES HUILES D'HYDROCARBURES; PRODUCTION DE MÉLANGES D'HYDROCARBURES LIQUIDES, p.ex. PAR HYDROGÉNATION DESTRUCTIVE, PAR OLIGOMÉRISATION, PAR POLYMERISATION ; RÉCUPÉRATION DES HUILES D'HYDROCARBURES À PARTIR DE SCHISTE BITUMEUX, DE SABLE PÉTROLIFÈRE OU DE GAZ; RAFFINAGE DES MÉLANGES COMPOSÉS PRINCIPALEMENT D'HYDROCARBURES; RÉFORMAGE DE L'ESSENCE "NAPHTA"; CIRES MINÉRALES	SCT11 RAFFINAGE 3%	
C10L	COMBUSTIBLES NON PRÉVUS AILLEURS; GAZ NATUREL; GAZ NATUREL DE SYNTHÈSE OBTENU PAR DES PROCÉDÉS NON PRÉVUS DANS LES SOUS-CLASSES C10G OU C10K; GAZ DE PÉTROLE LIQUÉFIÉ; UTILISATION D'ADDITIFS DANS LES COMBUSTIBLES OU LES FEUX; ALLUME-FEUX		
C07B	PROCÉDÉS GÉNÉRAUX DE CHIMIE ORGANIQUE; APPAREILS À CET EFFET		
C01B	ÉLÉMENTS NON MÉTALLIQUES; LEURS COMPOSÉS		

B29K	SCHÉMA D'INDEXATION ASSOCIÉ AUX SOUS-CLASSES B29B, B29C OU B29D, RELATIF AUX MATIÈRES À MOULER, OU AUX COMPOSITIONS POUR RENFORCEMENTS, POUR MATIÈRES DE REMPLISSAGE, OU POUR PIÈCES PRÉFORMÉES, p.ex. INSERTS		
B28B	FAÇONNAGE DE L'ARGILE OU D'AUTRES COMPOSITIONS CÉRAMIQUES, SCORIES OU MÉLANGES CONTENANT DES SUBSTANCES ANALOGUES AU CIMENT, p.ex. DU PLÂTRE		
B29B	PRÉPARATION OU PRÉTRAITEMENT DES MATIÈRES À FAÇONNER; FABRICATION DE GRANULÉS OU DE PRÉFORMES; RÉCUPÉRATION DES MATIÈRES PLASTIQUES OU D'AUTRES CONSTITUANTS DES DÉCHETS CONTENANT DES MATIÈRES PLASTIQUES		
B32B	PRODUITS STRATIFIÉS, c. à d. FAITS DE PLUSIEURS COUCHES DE FORME PLANE OU NON PLANE, p.ex. CELLULAIRE OU EN NID D'ABEILLES		
B29C	FAÇONNAGE OU ASSEMBLAGE DES MATIÈRES PLASTIQUES; FAÇONNAGE DES SUBSTANCES À L'ÉTAT PLASTIQUE EN GÉNÉRAL; POST-TRAITEMENT DES PRODUITS FAÇONNÉS, p.ex. RÉPARATION		
B29D	FABRICATION D'OBJETS PARTICULIERS, À PARTIR DE MATIÈRES PLASTIQUES OU DE SUBSTANCES À L'ÉTAT PLASTIQUE	SCT12 PNEU 7%	
B60C	PNEUMATIQUES POUR VÉHICULES ; GONFLAGE DES PNEUMATIQUES; CHANGEMENT DES PNEUMATIQUES; FIXATION DES VALVES À DES CORPS ÉLASTIQUES GONFLABLES, EN GÉNÉRAL; DISPOSITIFS OU AGENCEMENTS CONCERNANT LES PNEUMATIQUES		SCT13 TRAIN ROULANT VEHICULE 1%
C08K	EMPLOI COMME ADJUVANTS DE SUBSTANCES NON MACROMOLÉCULAIRES INORGANIQUES OU ORGANIQUES		
C08L	COMPOSITIONS CONTENANT DES COMPOSÉS MACROMOLÉCULAIRES		
C08F	COMPOSÉS MACROMOLÉCULAIRES OBTENUS PAR DES RÉACTIONS FAISANT INTERVENIR UNIQUEMENT DES LIAISONS NON SATURÉES CARBONE-CARBONE		
D02G	CRÉPAGE OU ONDULATION DES FIBRES, FILAMENTS, FILÉS OU FILS; FILÉS OU FILS		
D07B	CORDES OU CÂBLES EN GÉNÉRAL		
C08C	TRAITEMENT OU MODIFICATION CHIMIQUE DES CAOUTCHOUCS		
B29L	SCHÉMA D'INDEXATION ASSOCIÉ À LA SOUS-CLASSE B29C, RELATIF AUX OBJETS PARTICULIERS		
C08J	MISE EN ŒUVRE; PROCÉDÉS GÉNÉRAUX POUR FORMER DES MÉLANGES; POST-TRAITEMENT NON COUVERT PAR LES SOUS-CLASSES C08B, C08C, C08F, C08G ou C08H		
C08G	COMPOSÉS MACROMOLÉCULAIRES OBTENUS PAR DES RÉACTIONS AUTRES QUE CELLES FAISANT INTERVENIR UNIQUEMENT DES LIAISONS NON SATURÉES CARBONE-CARBONE		

Dont le cœur technologique apparait à 30%

H01M	PROCÉDÉS OU MOYENS POUR LA CONVERSION DIRECTE DE L'ÉNERGIE CHIMIQUE EN ÉNERGIE ÉLECTRIQUE, p.ex. BATTERIES [2]				
H02J	CIRCUITS OU SYSTÈMES POUR L'ALIMENTATION OU LA DISTRIBUTION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE; SYSTÈMES POUR L'ACCUMULATION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE				
H02M	APPAREILS POUR LA TRANSFORMATION DE COURANT ALTERNATIF EN COURANT ALTERNATIF, DE COURANT ALTERNATIF EN COURANT CONTINU OU VICE VERSA OU DE COURANT CONTINU EN COURANT CONTINU ET EMPLOYÉS AVEC LES RÉSEAUX DE DISTRIBUTION D'ÉNERGIE OU DES SYSTÈMES D'ALIMENTATION SIMILAIRES; TRANSFORMATION D'UNE PUISSANCE D'ENTRÉE EN COURANT CONTINU OU COURANT ALTERNATIF EN UNE PUISSANCE DE SORTIE DE CHOC; LEUR COMMANDE OU RÉGULATION	SCT14 SYSTÈME ÉLECTRIQUE 10%			
G05F	SYSTÈMES DE RÉGULATION DES VARIABLES ÉLECTRIQUES OU MAGNÉTIQUES		SCT15 MOTEUR ÉLECTRIQUE 4%		
H02P	COMMANDE OU RÉGULATION DES MOTEURS ÉLECTRIQUES, DES GÉNÉRATRICES ÉLECTRIQUES OU DES CONVERTISSEURS DYNAMO-ÉLECTRIQUES; COMMANDE DES TRANSFORMATEURS, RÉACTANCES OU BOBINES D'ARRÊT				
H02K	MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES				
F03D	MÉCANISMES MOTEURS À VENT				
H02H	CIRCUITS DE PROTECTION DE SÉCURITÉ				
B60L	PROPULSION DES VÉHICULES À TRACTION ÉLECTRIQUE; SYSTÈMES DE FREINS ÉLECTRODYNAMIQUES POUR VÉHICULES, EN GÉNÉRAL; SUSPENSION OU LÉVITATION MAGNÉTIQUES POUR VÉHICULES; CONTRÔLE DES PARAMÈTRES DE FONCTIONNEMENT DES VÉHICULES À TRACTION ÉLECTRIQUE; DISPOSITIFS ÉLECTRIQUES DE SÉCURITÉ POUR VÉHICULES À TRACTION ÉLECTRIQUE			SCT17 VEHICULE ELECTRIQUE <1%	AUTOMOBILE
B60W	COMMANDE CONJUGUÉE DE PLUSIEURS SOUS-ENSEMBLES D'UN VÉHICULE, DE FONCTION OU DE TYPE DIFFÉRENTS; SYSTÈMES DE COMMANDE SPÉCIALEMENT ADAPTÉS AUX VÉHICULES HYBRIDES; SYSTÈMES D'AIDE À LA CONDUITE DE VÉHICULES ROUTIERS, NON LIÉS À LA COMMANDE D'UN SOUS-ENSEMBLE PARTICULIER				
B60K	AGENCEMENT OU MONTAGE DES ENSEMBLES DE PROPULSION OU DES TRANSMISSIONS SUR LES VÉHICULES; AGENCEMENT OU MONTAGE DE PLUSIEURS MOTEURS PRINCIPAUX DIFFÉRENTS SUR LES VÉHICULES; ENTRAÎNEMENTS AUXILIAIRES POUR VÉHICULES; INSTRUMENTS OU TABLEAUX DE BORD DE VÉHICULES; AMÉNAGEMENTS DES ENSEMBLES DE PROPULSION SUR LES VÉHICULES, RELATIFS AU REFROIDISSEMENT, À L'ADMISSION D'AIR, À L'ÉCHAPPEMENT DES GAZ OU À L'ALIMENTATION EN CARBURANT		SCT16 VEHICULE 5%		
F16H	TRANSMISSIONS				
F16D	ACCOUPLLEMENTS POUR LA TRANSMISSION DES MOUVEMENTS DE ROTATION; EMBRAYAGES; FREINS				
B60T	SYSTÈMES DE COMMANDE DES FREINS POUR VÉHICULES OU PARTIES DE CES SYSTÈMES; SYSTÈMES DE COMMANDE DES FREINS OU PARTIES DE CES SYSTÈMES, EN GÉNÉRAL; AMÉNAGEMENT DES ÉLÉMENTS DE FREINAGE SUR VÉHICULES EN GÉNÉRAL; DISPOSITIFS PORTATIFS POUR INTERDIRE LE MOUVEMENT NON VOULU D'UN VÉHICULE; MODIFICATIONS APPORTÉES AUX VÉHICULES POUR FACILITER LE REFROIDISSEMENT DES FREINS				VEHICULE AUTONOME
G01N	RECHERCHE OU ANALYSE DES MATÉRIAUX PAR DÉTERMINATION DE LEURS PROPRIÉTÉS CHIMIQUES OU PHYSIQUES				
G01J	MESURE DE L'INTENSITÉ, DE LA VITESSE, DU SPECTRE, DE LA POLARISATION, DE LA PHASE OU DES CARACTÉRISTIQUES D'IMPULSIONS DE LUMIÈRE INFRAROUGE, VISIBLE OU ULTRAVIOLETTE; COLORIMÉTRIE; PYROMÉTRIE DES RADIATIONS				
H01S	DISPOSITIFS UTILISANT L'ÉMISSION STIMULÉE				
G02B	ÉLÉMENTS, SYSTÈMES OU APPAREILS OPTIQUES				
G02F	DISPOSITIFS OU SYSTÈMES DONT LE FONCTIONNEMENT OPTIQUE EST MODIFIÉ PAR CHANGEMENT DES PROPRIÉTÉS OPTIQUES DU MILIEU CONSTITUANT CES DISPOSITIFS OU SYSTÈMES ET DESTINÉS À LA COMMANDE DE L'INTENSITÉ, DE LA COULEUR, DE LA PHASE, DE LA POLARISATION OU DE LA DIRECTION DE LA LUMIÈRE, p.ex. COMMUTATION, OUVERTURE DE PORTE, MODULATION OU DÉMODULATION; TECHNIQUES NÉCESSAIRES AU FONCTIONNEMENT DE CES DISPOSITIFS OU SYSTÈMES; CHANGEMENT DE FRÉQUENCE; OPTIQUE NON LINÉAIRE; ÉLÉMENTS OPTIQUES LOGIQUES; CONVERTISSEURS OPTIQUES ANALOGIQUES/NUMÉRIQUES		SCT18 OPTIQUE TRAITEMENT DES DONNEES IMAGES 5%		
H04N	TRANSMISSION D'IMAGES, p.ex. TÉLÉVISION				
G06K	RECONNAISSANCE DES DONNÉES; PRÉSENTATION DES DONNÉES; SUPPORTS D'ENREGISTREMENT; MANIPULATION DES SUPPORTS D'ENREGISTREMENT				
G06T	TRAITEMENT OU GÉNÉRATION DE DONNÉES D'IMAGE, EN GÉNÉRAL			SCT20 CAPTEUR 1%	
G03B	APPAREILS OU DISPOSITIONS POUR PRENDRE DES PHOTOGRAPHIES, POUR LES PROJETER OU LES VISIONNER; APPAREILS OU DISPOSITIONS UTILISANT DES TECHNIQUES ANALOGUES UTILISANT D'AUTRES ONDES QUE DES ONDES OPTIQUES; LEURS ACCESSOIRES				
H01L	DISPOSITIFS À SEMI-CONDUCTEURS; DISPOSITIFS ÉLECTRIQUES À L'ÉTAT SOLIDE NON PRÉVUS AILLEURS				
H05K	CIRCUITS IMPRIMÉS; ENVELOPPES OU DÉTAILS DE RÉALISATION D'APPAREILS ÉLECTRIQUES; FABRICATION D'ENSEMBLES DE COMPOSANTS ÉLECTRIQUES		SCT19 ELECTRONIQUE 5%		
H01R	CONNEXIONS CONDUCTRICES DE L'ÉLECTRICITÉ; ASSOCIATION STRUCTURELLE DE PLUSIEURS ÉLÉMENTS DE CONNEXION ÉLECTRIQUE ISOLÉS LES UNS DES AUTRES; DISPOSITIFS DE COUPLAGE; COLLECTEURS DE COURANT				
H02G	INSTALLATION DE CÂBLES OU DE LIGNES ÉLECTRIQUES, OU DE LIGNES OU DE CÂBLES ÉLECTRIQUES ET OPTIQUES COMBINÉS				
C12M	APPAREILLAGE POUR L'ENZYMLOGIE OU LA MICROBIOLOGIE				
C12P	PROCÉDÉS DE FERMENTATION OU PROCÉDÉS UTILISANT DES ENZYMES POUR LA SYNTHÈSE D'UN COMPOSÉ CHIMIQUE DONNÉ OU D'UNE COMPOSITION DONNÉE, OU POUR LA SÉPARATION D'ISOMÈRES OPTIQUES À PARTIR D'UN MÉLANGE RACÉMIQUE				
C12N	MICRO-ORGANISMES OU ENZYMES; COMPOSITIONS LES CONTENANT; CULTURE OU CONSERVATION DE MICRO-ORGANISMES; TECHNIQUES DE MUTATION OU DE GÉNÉTIQUE; MILIEUX DE CULTURE			SCT21 BIO CHIMIE 1%	
C12Q	PROCÉDÉS DE MESURE, DE RECHERCHE OU D'ANALYSE FAISANT INTERVENIR DES ENZYMES OU DES MICRO-ORGANISMES; COMPOSITIONS OU PAPIERS RÉACTIFS À CET EFFET; PROCÉDÉS POUR PRÉPARER CES COMPOSITIONS; PROCÉDÉS DE COMMANDE SENSIBLES AUX CONDITIONS DU MILIEU DANS LES PROCÉDÉS MICROBIOLOGIQUES OU ENZYMLOGIQUES				
C07H	SUCRES; LEURS DÉRIVÉS; NUCLÉOSIDES; NUCLÉOTIDES; ACIDES NUCLÉIQUES				
C40B	CHIMIE COMBINATOIRE; BIBLIOTHÈQUES, p.ex. CHIMIOTHÈQUES, BIBLIOTHÈQUES VIRTUELLES (IN SILICO)				

Dont le cœur technologique apparait à 15%

B60Q	AGENCEMENT DES DISPOSITIFS DE SIGNALISATION OU D'ÉCLAIRAGE, LEUR MONTAGE OU LEUR SUPPORT, LES CIRCUITS À CET EFFET, POUR LES VÉHICULES EN GÉNÉRAL		
F21S	DISPOSITIFS D'ÉCLAIRAGE NON PORTATIFS; SYSTÈMES DE TELS DISPOSITIFS		
F21V	CARACTÉRISTIQUES FONCTIONNELLES OU DÉTAILS FONCTIONNELS DES DISPOSITIFS OU SYSTÈMES D'ÉCLAIRAGE; COMBINAISONS STRUCTURALES DE DISPOSITIFS D'ÉCLAIRAGE AVEC D'AUTRES OBJETS, NON PRÉVUS AILLEURS	SCT22	SIGNAUX LUMINEUX 1%
F21L	DISPOSITIFS OU SYSTÈMES D'ÉCLAIRAGE PORTATIFS OU SPÉCIALEMENT ADAPTÉS POUR LEUR TRANSPORT		
F21Y	SCHÉMA D'INDEXATION ASSOCIÉ AUX SOUS-CLASSES F21K, F21L, F21S ET F21V, RELATIF À LA FORME OU AU TYPE DES SOURCES LUMINEUSES OU À LA COULEUR DE LA LUMIÈRE EMISE [7]		

A47C	CHAISES; CANAPÉS; LITS		
B60N	AMÉNAGEMENTS DES VÉHICULES POUR PASSAGERS, NON PRÉVUS AILLEURS	SCT23	AMENAGEMENT DES VEHICULES 1%
B60R	VÉHICULES, ÉQUIPEMENTS OU PARTIES DE VÉHICULES, NON PRÉVUS AILLEURS		
E06C	ÉCHELLES		

AUTOMOBILE

B21B	LAMINAGE DES MÉTAUX		
C21D	MODIFICATION DE LA STRUCTURE PHYSIQUE DES MÉTAUX FERREUX; DISPOSITIFS GÉNÉRAUX POUR LE TRAITEMENT THERMIQUE DES MÉTAUX FERREUX OU NON FERREUX, OU DES ALLIAGES; PROCÉDÉS POUR RENDRE LE MÉTAL MALLÉABLE PAR DÉCARBURATION, REVENU OU AUTRES TRAITEMENTS	SCT24	TRAVAIL DES METAUX 2%
C22C	ALLIAGES		
C22F	MODIFICATION DE LA STRUCTURE PHYSIQUE DES MÉTAUX OU ALLIAGES NON FERREUX		
B22F	TRAVAIL DES POUDRES MÉTALLIQUES; FABRICATION D'OBJETS À PARTIR DE POUDRES MÉTALLIQUES; FABRICATION DE POUDRES MÉTALLIQUES; APPAREILS OU DISPOSITIFS SPÉCIALEMENT ADAPTÉS AUX POUDRES MÉTALLIQUES		

Dont le cœur technologique apparait à 10%

F16N	LUBRIFICATION		
F01M	LUBRIFICATION DES "MACHINES" OU MACHINES MOTRICES EN GÉNÉRAL; LUBRIFICATION DES MOTEURS À COMBUSTION INTERNE; VENTILATION DU CARTER		
F01L	SYSTÈMES DE DISTRIBUTION À SOUPAPES, À FONCTIONNEMENT CYCLIQUE, POUR "MACHINES" OU MACHINES MOTRICES		
F02D	COMMANDE DES MOTEURS À COMBUSTION	SCT25	MOTEUR A COMBUSTION 1%
F02B	MOTEURS À COMBUSTION INTERNE À PISTONS; MOTEURS À COMBUSTION EN GÉNÉRAL		
F02M	ALIMENTATION EN GÉNÉRAL DES MOTEURS À COMBUSTION EN MÉLANGES COMBUSTIBLES OU EN PRODUITS COMPOSANT CES MÉLANGES		
F16K	SOUPAPES; ROBINETS; VANNES; COMMANDES À FLOTTEURS; DISPOSITIFS POUR VENTILER OU AÉRER		
F01N	SILENCIEUX OU DISPOSITIFS D'ÉCHAPPEMENT POUR "MACHINES" OU MACHINES MOTRICES EN GÉNÉRAL; SILENCIEUX OU DISPOSITIFS D'ÉCHAPPEMENT POUR MOTEURS À COMBUSTION INTERNE		

AUTOMOBILE

B23C	FRAISAGE		
B24D	OUTILS POUR MEULER, POLIR OU AFFILER	SCT26	METAUX 5%
B24B	MACHINES, DISPOSITIFS OU PROCÉDÉS POUR MEULER OU POUR POLIR DRESSAGE OU REMISE EN ÉTAT DES SURFACES ABRASIVES; ALIMENTATION DES MACHINES EN MATÉRIAUX DE MEULAGE, DE POLISSAGE OU DE RODAGE		
B23F	FABRICATION D'ENGRENAGES OU DE CRÉMAILLÈRES		

Annexe 3 : Les fiches analytiques des 26 SCT :

Ces fiches regroupent les scores des cinq indicateurs du potentiel dual interne ainsi que les scores d'influence correspondant aux trois enjeux identifiés dans la thèse. Ces fiches sont la preuve de la grande opérationnalité des outils présentés dans cette thèse.

Ces fiches sont composées de 3 sections :

- Première section : elle concerne le potentiel dual qui est qualifié en rouge dans la colonne de droite. Elle présente les cinq indicateurs de dualité interne sous forme de chiffres, puis sous forme de radar représentant les scores et les rangs de chaque SCT.
- Deuxième section : elle concerne le contexte d'influence dans lequel se situe le SCT. Elle présente les six mesures de l'influence sous forme de chiffres ainsi que l'orientation des flux entre le SCT et le reste de l'environnement de connaissances global sous la forme d'une jauge.
- La troisième : elle concerne l'influence duale des SCT qui est qualifiée en rouge dans la colonne de droite. Elle présente sous forme d'histogramme les deux premiers enjeux avec les scores d'autosuffisance et d'intégration. Puis elle présente à l'aide d'une jauge l'asymétrie des flux entre le SCT et le reste de l'environnement dans le périmètre défense.

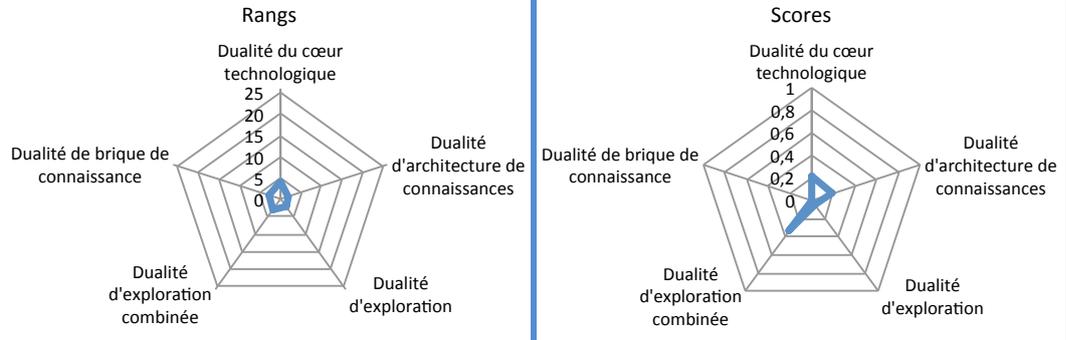
SCT 1

Evaluation du potentiel dual portant sur la structure interne des SCT		
Dualité du cœur technologique		0,356583923
Dualité d'architecture de connaissances		0,330285706
Dualité d'exploration		0,26767336
Dualité d'exploration combinée		0,549274532
Dualité de brique de connaissance		0,000570626
		Potentiel dual restreint
Influence des SCT dans l'environnement de connaissances global		
Autosuffisance		0,723789558
Inclusion		0,998958651
intégration		0,993046515
Transfert de connaissances		0,005912136
insertion par les absorptions		0,995210458
insertion par les retombées		0,998150996
Asymetrie		0,00293962
L'orientation globale des flux		Flux globaux fortement propices aux retombées
influence des SCT dans l'environnement de connaissances défense		
Autosuffisance		0,24314726
Enjeu 1 : la maîtrise des flux internes d'un SCT par la sphère défense		La sphère de défense maîtrise une part prépondérante des flux internes au SCT...
Intégration		0,008059476
Enjeu 2 : la maîtrise des flux à la fois entrants et sortants d'un SCT		... Mais elle participe peu à l'intégration du SCT dans le paysage global. Cela signifie qu'elle développe ce SCT en sollicitant peu de liens avec les autres technologies.
Asymetrie		-0,001055013
Enjeu 3 : l'orientation des flux pour la défense		Flux de défense légèrement propices aux absorptions

SCT 2

Evaluation du potentiel dual portant sur la structure interne des SCT

Dualité du cœur technologique	0,216611877
Dualité d'architecture de connaissances	0,18794256
Dualité d'exploration	0,053727808
Dualité d'exploration combinée	0,340007125
Dualité de brique de connaissance	0,001500176



Potentiel dual restreint

Influence des SCT dans l'environnement de connaissances global

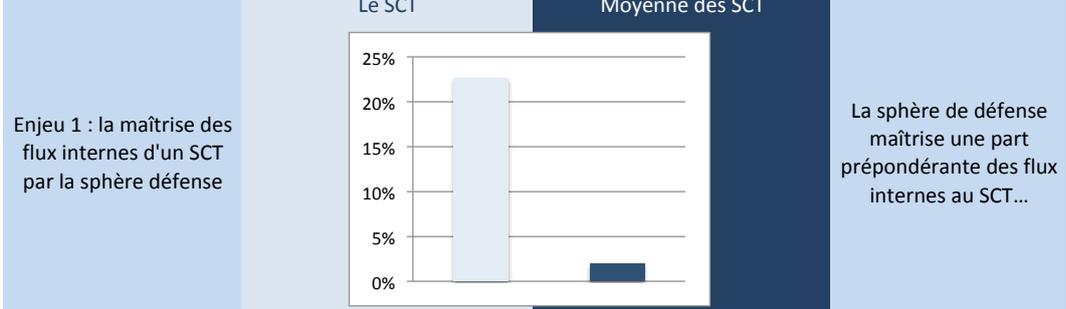
Autosuffisance	0,68422801
Inclusion	0,999840847
intégration	0,998715522
Transfert de connaissances	0,001125325
insertion par les absorptions	0,999285174
insertion par les retombées	0,999516079
Asymetrie	0,00023083

Influence globale

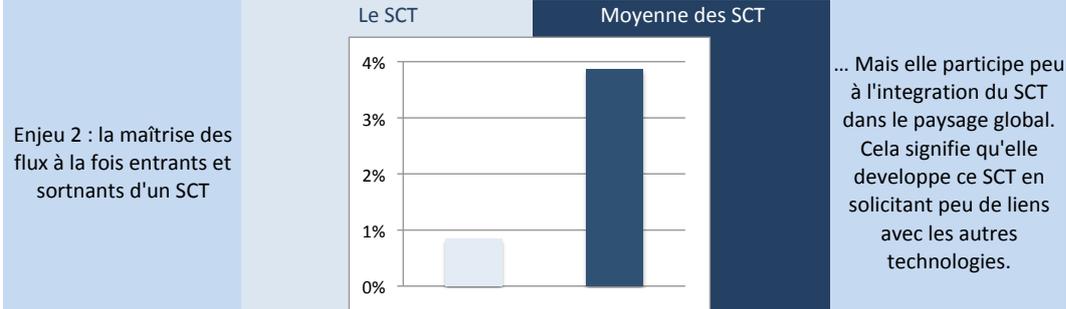


influence des SCT dans l'environnement de connaissances défense

Autosuffisance	0,226237982
----------------	-------------



Intégration	0,00838038
-------------	------------



Influence duale inexistante

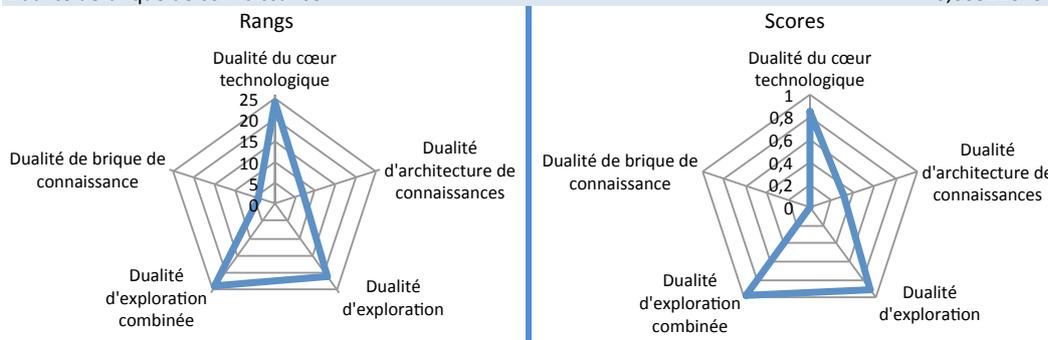
Asymetrie	-0,000513107
-----------	--------------



SCT 3

Evaluation du potentiel dual portant sur la structure interne des SCT

Dualité du cœur technologique	0,845439963
Dualité d'architecture de connaissances	0,323595738
Dualité d'exploration	0,917533345
Dualité d'exploration combinée	0,973780558
Dualité de brique de connaissance	0,003110457



Potentiel dual intégré

Influence des SCT dans l'environnement de connaissances global

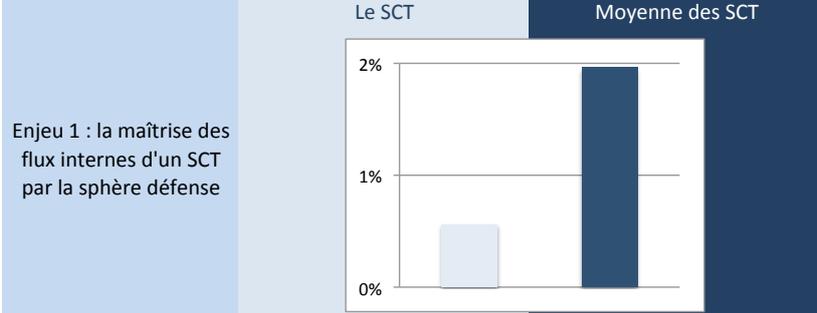
Autosuffisance	0,558608565
Inclusion	0,999951076
intégration	0,999400435
Transfert de connaissances	0,000550641
insertion par les absorptions	0,999907912
insertion par les retombées	0,999480699
Asymetrie	-0,000427044

Influence globale



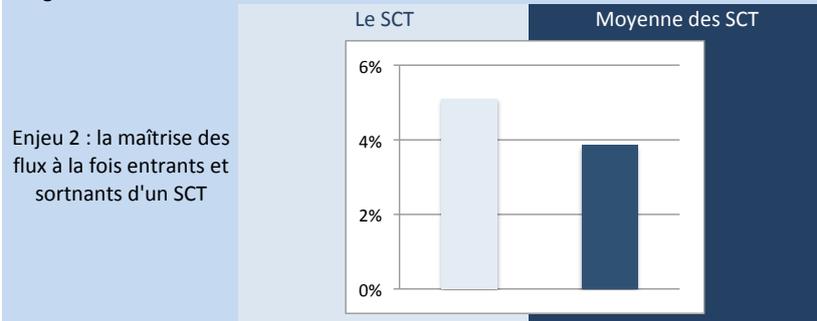
influence des SCT dans l'environnement de connaissances défense

Autosuffisance	0,005627575
----------------	-------------



La sphère de défense marque fortement ce SCT sans s'accaparer ses flux internes pour autant...

Intégration	0,051035325
-------------	-------------



... Tout en participant fortement à l'intégration du SCT dans le paysage global ce qui favorise l'exploitation duale des technologies.

Influence duale mature

Asymetrie	-0,000914147
-----------	--------------

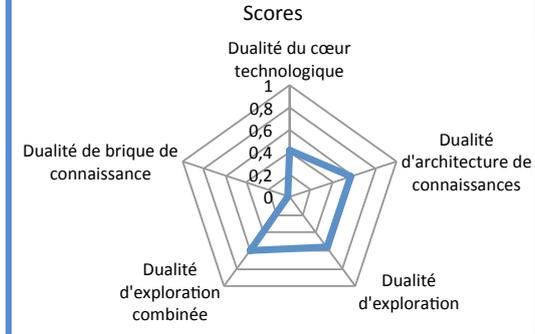
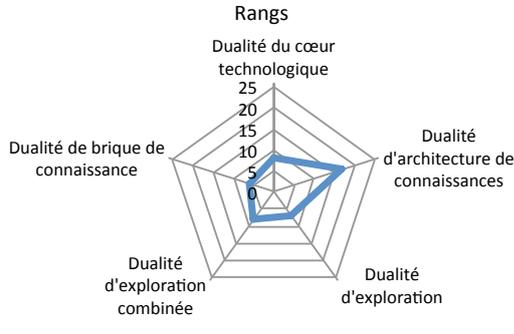


@

SCT 4

Evaluation du potentiel dual portant sur la structure interne des SCT

Dualité du cœur technologique	0,411125783
Dualité d'architecture de connaissances	0,571152762
Dualité d'exploration	0,556226266
Dualité d'exploration combinée	0,599608071
Dualité de brique de connaissance	0,016037217



Potentiel dual faible

Influence des SCT dans l'environnement de connaissances global

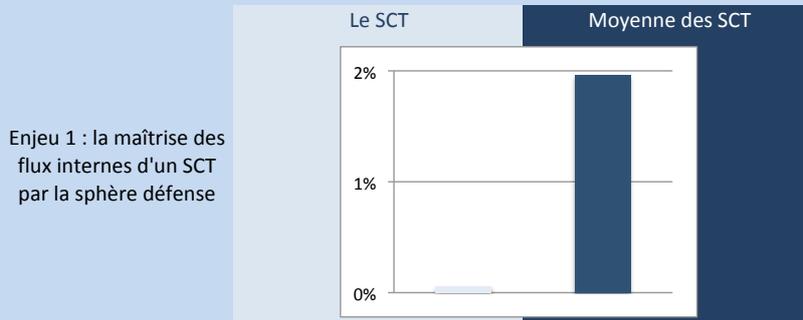
Autosuffisance	0,558608565
Inclusion	0,999951076
intégration	0,999400435
Transfert de connaissances	0,000550641
insertion par les absorptions	0,999907912
insertion par les retombées	0,999480699
Asymetrie	-0,000141099

Influence globale



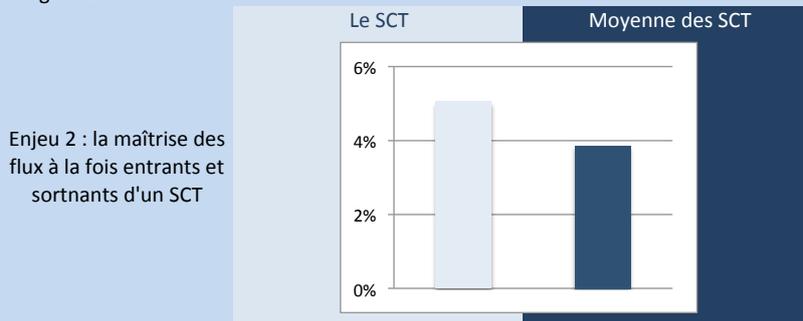
influence des SCT dans l'environnement de connaissances défense

Autosuffisance	0,00059844
----------------	------------



La sphère de défense joue un rôle minim dans les flux internes au SCT...

Intégration	0,050462342
-------------	-------------



... Mais elle participe fortement à l'intégration du SCT dans le paysage global en raison du caractère générique de certaines technologies qui le composent.

Influence duale mature

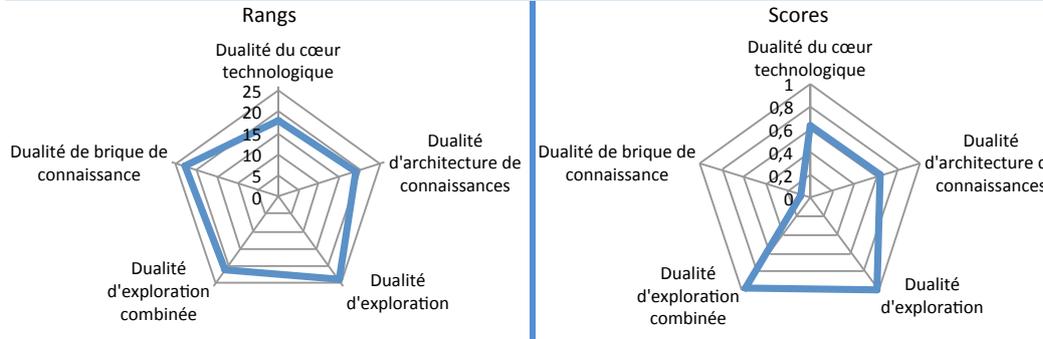
Asymetrie	-0,002284436
-----------	--------------



SCT 5

Evaluation du potentiel dual portant sur la structure interne des SCT

Dualité du cœur technologique	0,632156144
Dualité d'architecture de connaissances	0,636961316
Dualité d'exploration	0,993603249
Dualité d'exploration combinée	0,965334627
Dualité de brique de connaissance	0,082182002



Potentiel dual maîtrisé

Influence des SCT dans l'environnement de connaissances global

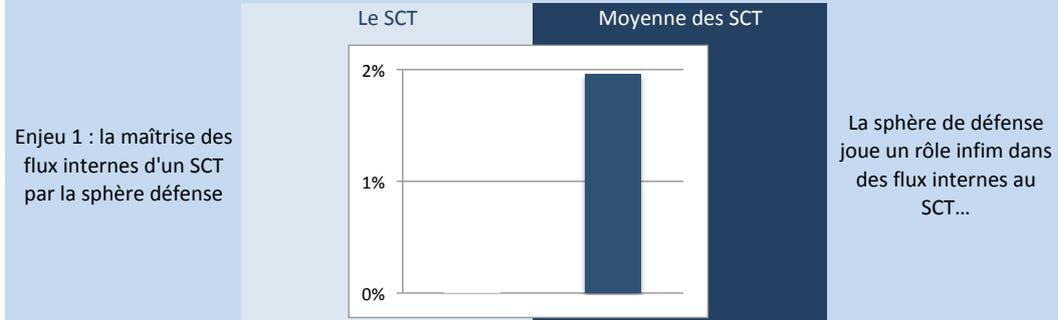
Autosuffisance	0,558608565
Inclusion	0,999951076
intégration	0,999400435
Transfert de connaissances	0,000550641
insertion par les absorptions	0,999907912
insertion par les retombées	0,999480699
Asymetrie	-6,17678E-05

Influence globale

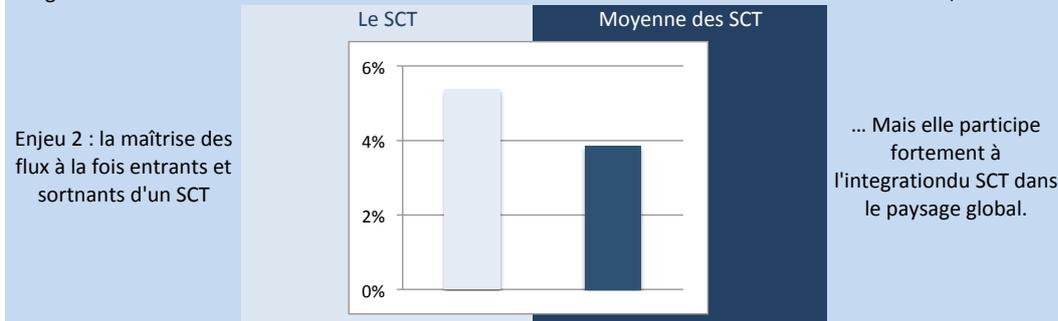


influence des SCT dans l'environnement de connaissances défense

Autosuffisance	0,000033
----------------	----------



Intégration	0,053831308
-------------	-------------



Influence duale mature

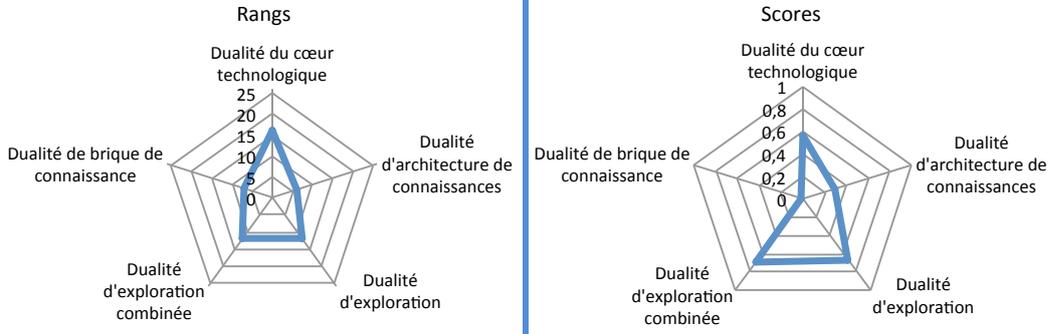
Asymetrie	-0,001215515
-----------	--------------



SCT 6

Evaluation du potentiel dual portant sur la structure interne des SCT

Dualité du cœur technologique	0,573612681
Dualité d'architecture de connaissances	0,303971055
Dualité d'exploration	0,66957892
Dualité d'exploration combinée	0,692138501
Dualité de brique de connaissance	0,017539768



Potentiel dual de production industrielle

Influence des SCT dans l'environnement de connaissances global

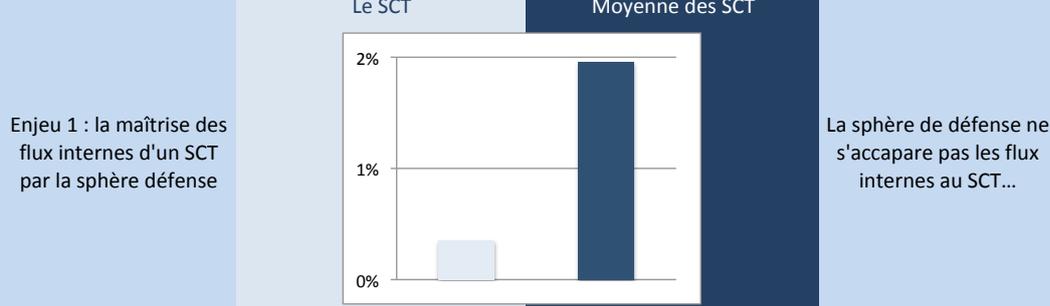
Autosuffisance	0,558608565
Inclusion	0,999951076
intégration	0,999400435
Transfert de connaissances	0,000550641
insertion par les absorptions	0,999907912
insertion par les retombées	0,999480699
Asymetrie	-0,000278146

Influence globale

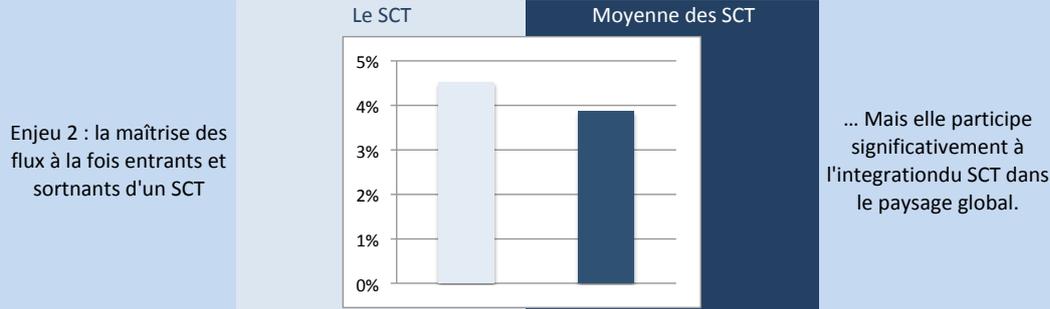


influence des SCT dans l'environnement de connaissances défense

Autosuffisance	0,003577008
----------------	-------------



Intégration	0,045256094
-------------	-------------



Influence duale établie

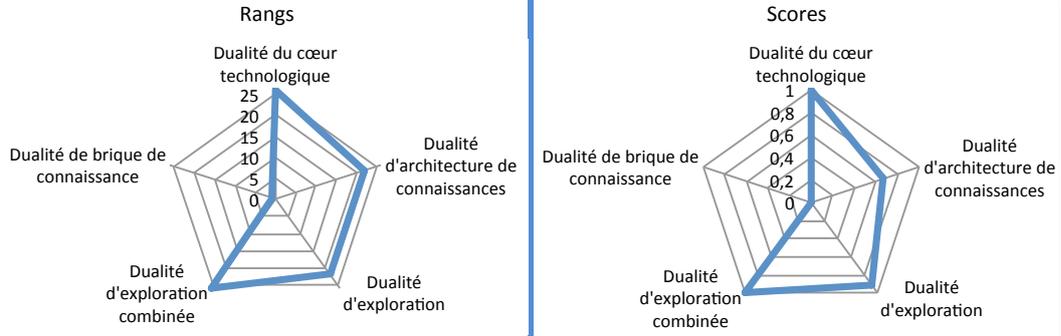
Asymetrie	-0,006573692
-----------	--------------



SCT 7

Evaluation du potentiel dual portant sur la structure interne des SCT

Dualité du cœur technologique	1
Dualité d'architecture de connaissances	0,669627819
Dualité d'exploration	0,918957128
Dualité d'exploration combinée	1
Dualité de brique de connaissance	0



Potentiel dual maîtrisé

Influence des SCT dans l'environnement de connaissances global

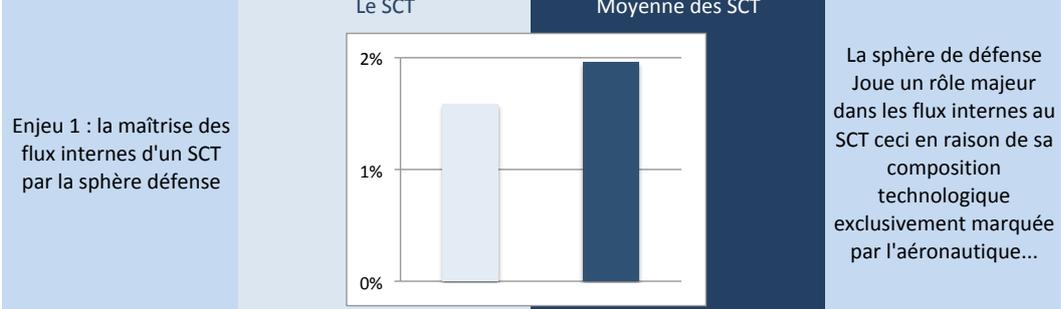
Autosuffisance	0,558608565
Inclusion	0,999951076
intégration	0,999400435
Transfert de connaissances	0,000550641
insertion par les absorptions	0,999907912
insertion par les retombées	0,999480699
Asymetrie	-0,00051946

Influence globale

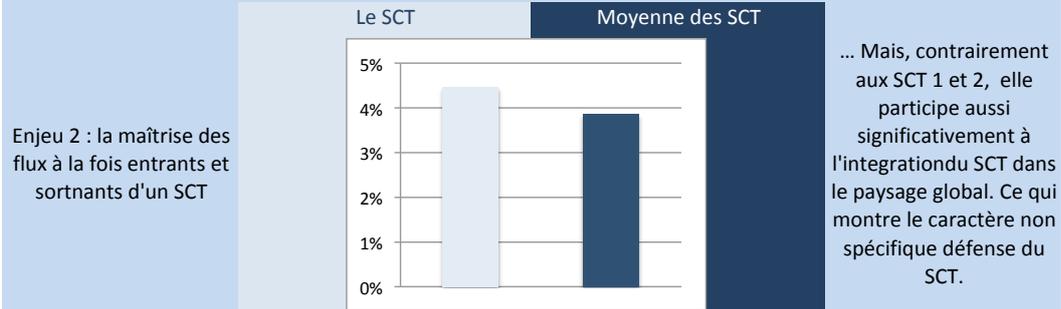


influence des SCT dans l'environnement de connaissances défense

Autosuffisance	0,015858563
----------------	-------------



Intégration	0,044654467
-------------	-------------



Influence duale établie

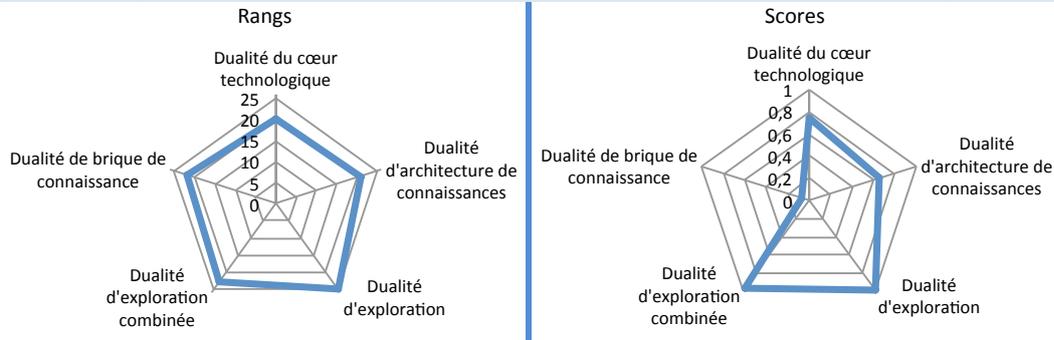
Asymetrie	-0,007386542
-----------	--------------



SCT 8

Evaluation du potentiel dual portant sur la structure interne des SCT

Dualité du cœur technologique	0,747190001
Dualité d'architecture de connaissances	0,660967503
Dualité d'exploration	0,996518601
Dualité d'exploration combinée	0,970933535
Dualité de brique de connaissance	0,071650429



Potentiel dual maîtrisé

Influence des SCT dans l'environnement de connaissances global

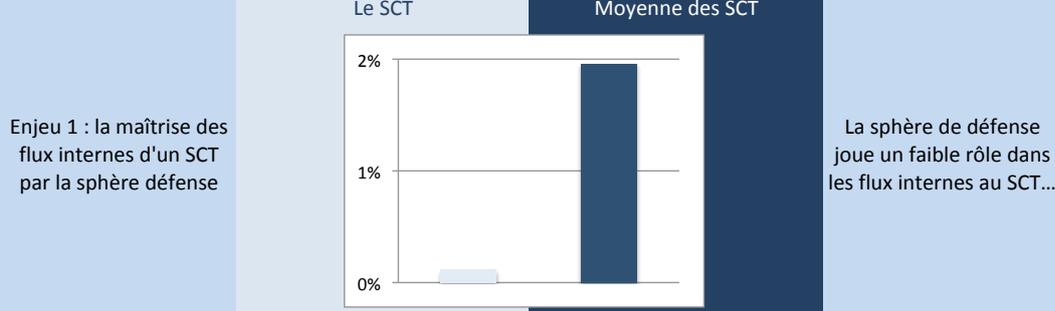
Autosuffisance	0,558608565
Inclusion	0,999951076
intégration	0,999400435
Transfert de connaissances	0,000550641
insertion par les absorptions	0,999907912
insertion par les retombées	0,999480699
Asymetrie	-6,4405E-05

Influence globale

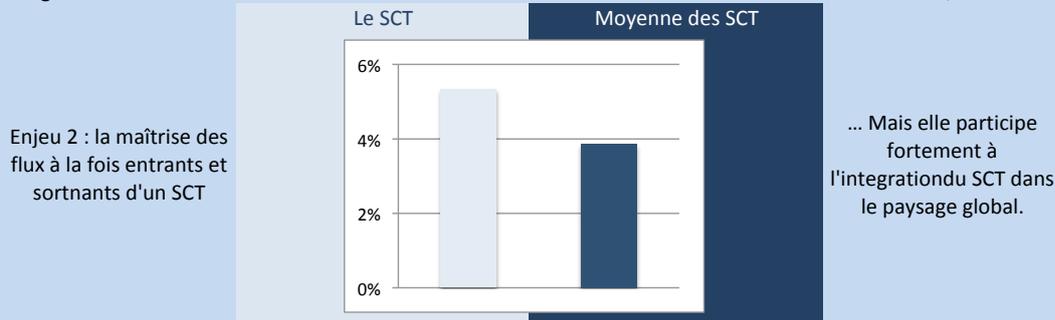


influence des SCT dans l'environnement de connaissances défense

Autosuffisance	0,001176668
----------------	-------------



Integration	0,053323363
-------------	-------------

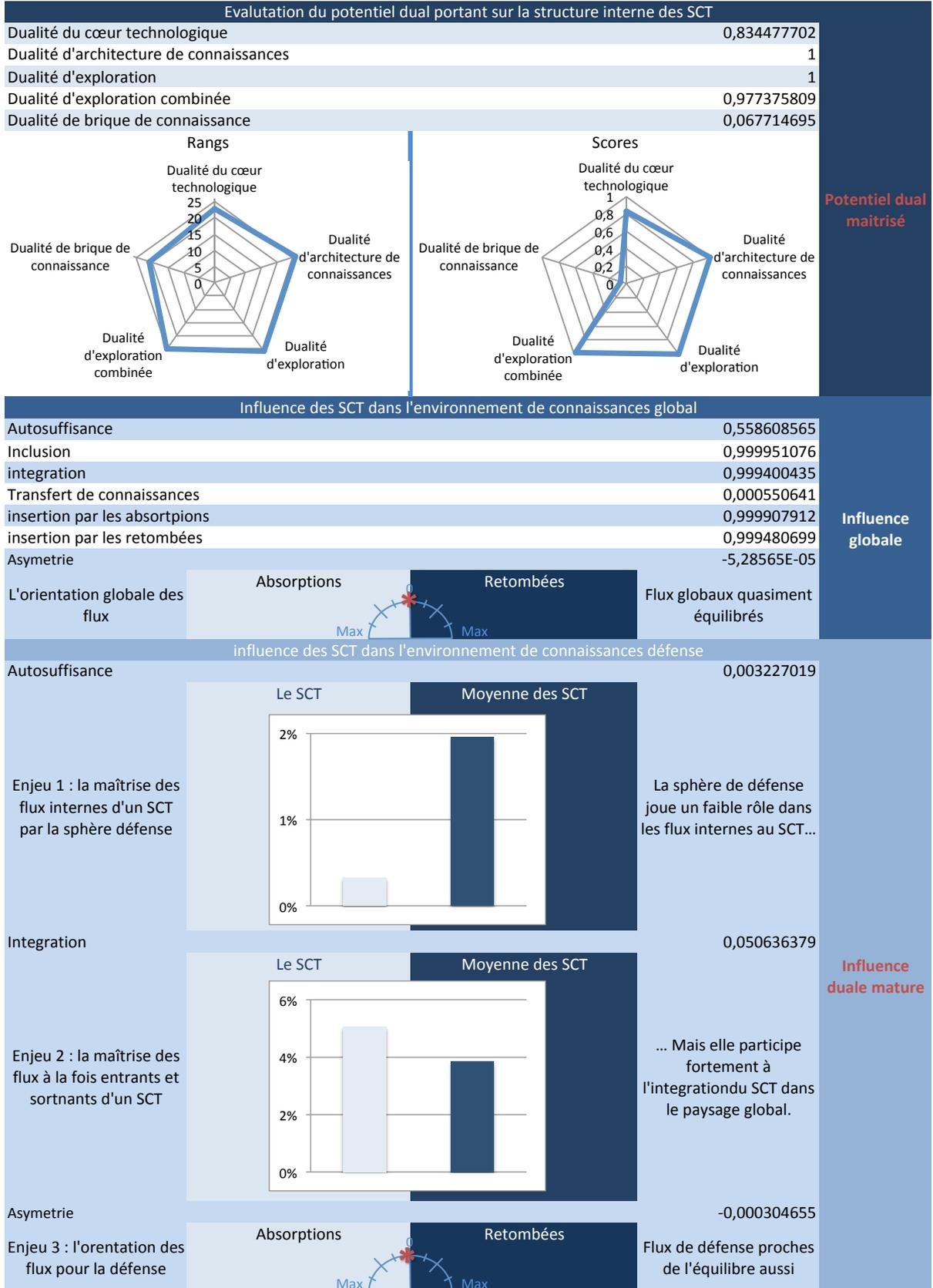


Influence duale mature

Asymetrie	-0,000457319
-----------	--------------



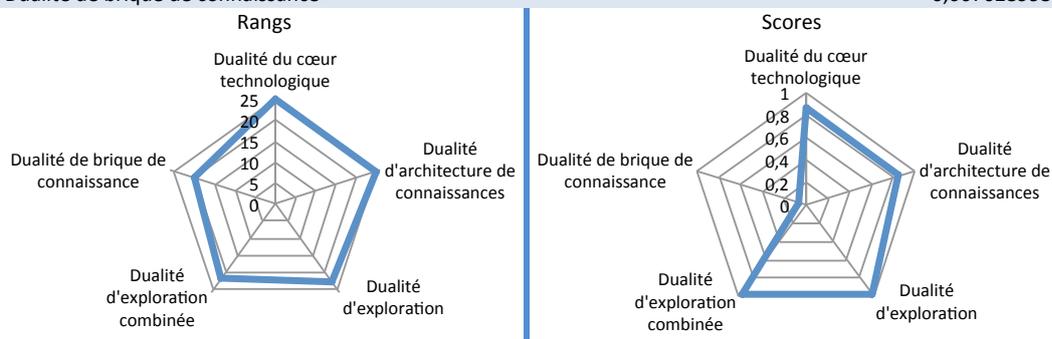
SCT 9



SCT 10

Evaluation du potentiel dual portant sur la structure interne des SCT

Dualité du cœur technologique	0,860506106
Dualité d'architecture de connaissances	0,849425359
Dualité d'exploration	0,984273474
Dualité d'exploration combinée	0,967808751
Dualité de brique de connaissance	0,067628993



Potentiel dual maîtrisé

Influence des SCT dans l'environnement de connaissances global

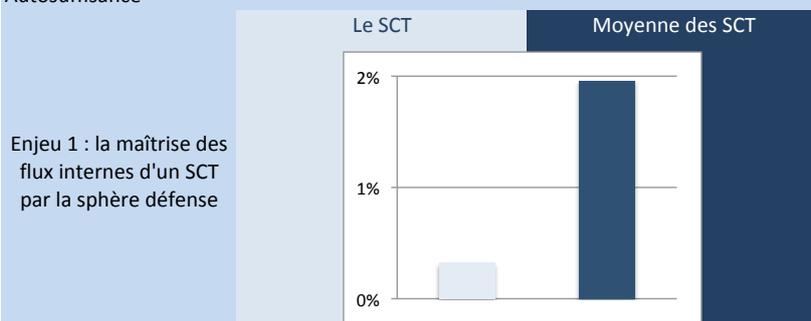
Autosuffisance	0,558608565
Inclusion	0,999951076
intégration	0,999400435
Transfert de connaissances	0,000550641
insertion par les absorptions	0,999907912
insertion par les retombées	0,999480699
Asymetrie	-4,33259E-05

Influence globale



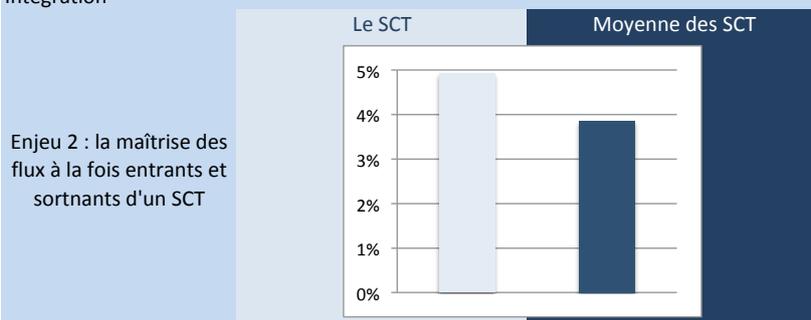
influence des SCT dans l'environnement de connaissances défense

Autosuffisance	0,003266265
----------------	-------------



La sphère de défense joue un faible rôle dans les flux internes au SCT...

Intégration	0,049246152
-------------	-------------



... Mais elle participe significativement à l'intégration du SCT dans le paysage global.

Influence duale mature

Asymetrie	-0,000130406
-----------	--------------

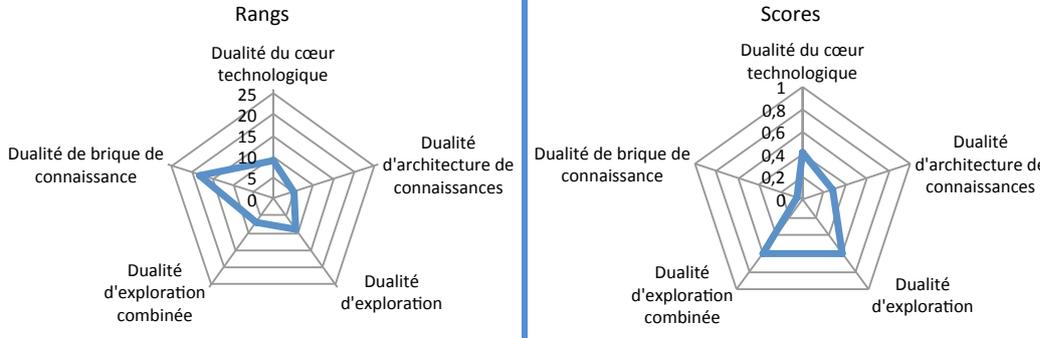


Flux de défense proches de l'équilibre aussi

SCT 11

Evaluation du potentiel dual portant sur la structure interne des SCT

Dualité du cœur technologique	0,41553899
Dualité d'architecture de connaissances	0,285642714
Dualité d'exploration	0,606446157
Dualité d'exploration combinée	0,593714576
Dualité de brique de connaissance	0,04526891



Potentiel dual marginal

Influence des SCT dans l'environnement de connaissances global

Autosuffisance	0,558608565
Inclusion	0,999951076
intégration	0,999400435
Transfert de connaissances	0,000550641
insertion par les absorptions	0,999907912
insertion par les retombées	0,999480699
Asymetrie	-0,000115677

Influence globale

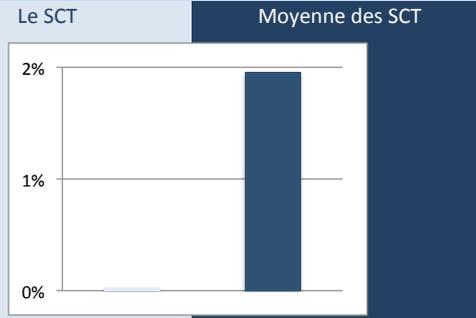


Flux globaux quasiment équilibrés

Influence des SCT dans l'environnement de connaissances défense

Autosuffisance	0,000321476
----------------	-------------

Enjeu 1 : la maîtrise des flux internes d'un SCT par la sphère défense

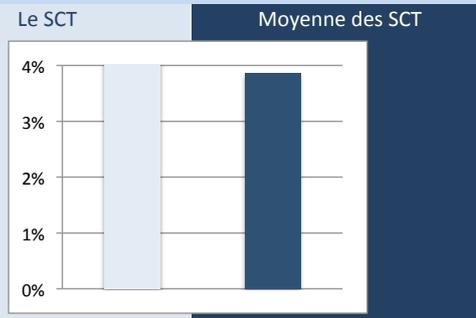


La sphère de défense ne s'accapare pas les flux internes au SCT et y est même relativement peu autosuffisante...

Intégration

0,043982683

Enjeu 2 : la maîtrise des flux à la fois entrants et sortants d'un SCT



... Mais son implication dans l'intégration du SCT dans le paysage global n'est pourtant pas parmi les plus fortes.

Influence duale établie

Asymetrie

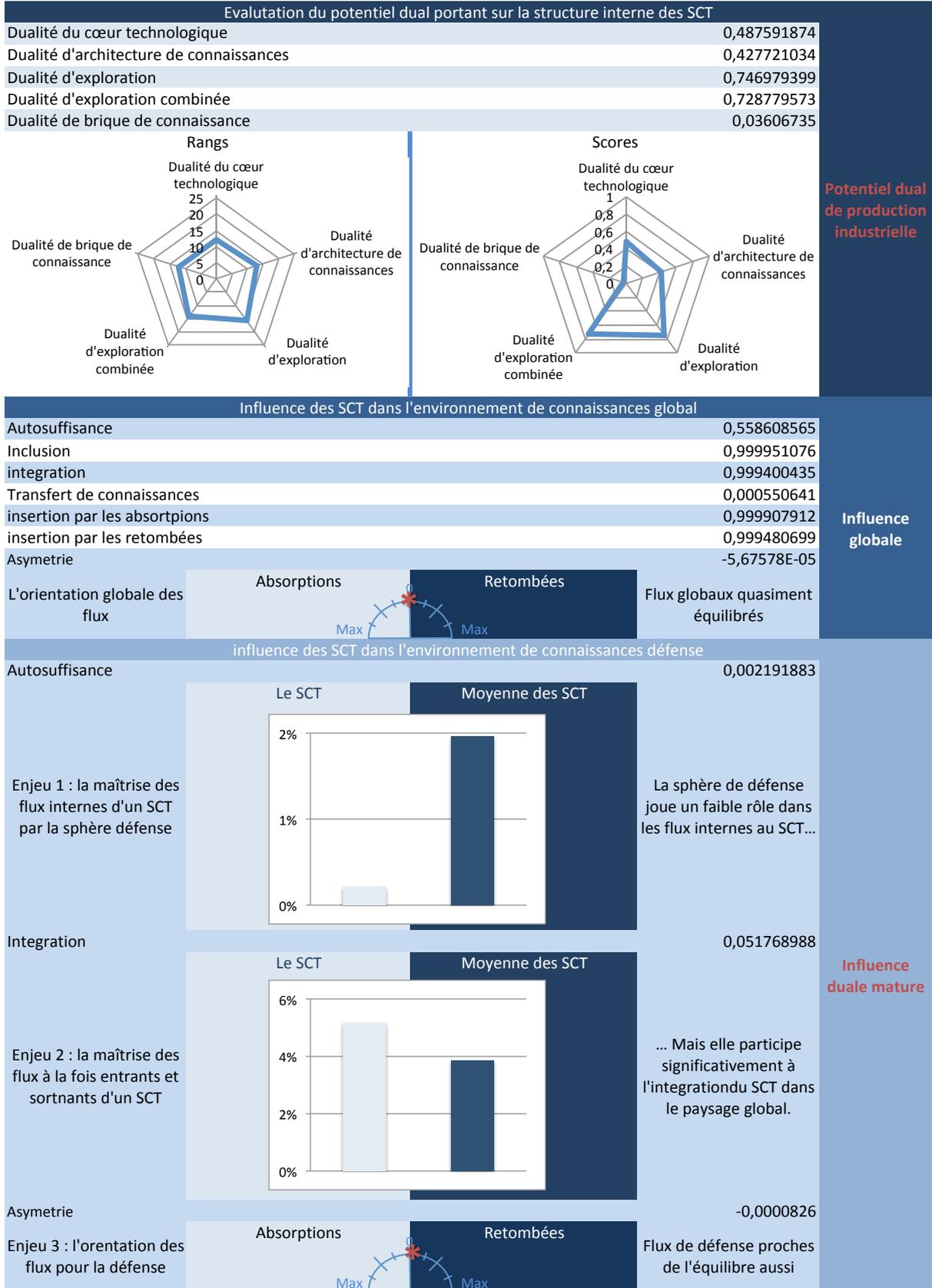
-0,005573181

Enjeu 3 : l'orientation des flux pour la défense



Flux de défense proches de l'équilibre aussi

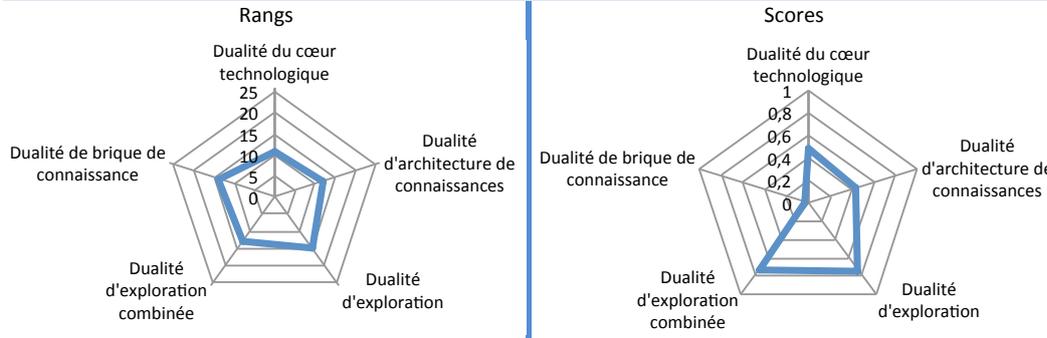
SCT 12



SCT 13

Evaluation du potentiel dual portant sur la structure interne des SCT

Dualité du cœur technologique	0,475937293
Dualité d'architecture de connaissances	0,427599444
Dualité d'exploration	0,743285776
Dualité d'exploration combinée	0,723035434
Dualité de brique de connaissance	0,040653703



Potentiel dual de production industrielle

Influence des SCT dans l'environnement de connaissances global

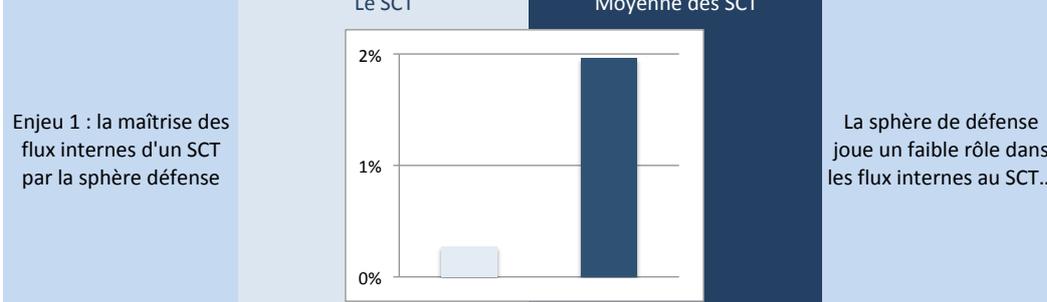
Autosuffisance	0,558608565
Inclusion	0,999951076
intégration	0,999400435
Transfert de connaissances	0,000550641
insertion par les absorptions	0,999907912
insertion par les retombées	0,999480699
Asymetrie	-6,1262E-05

Influence globale



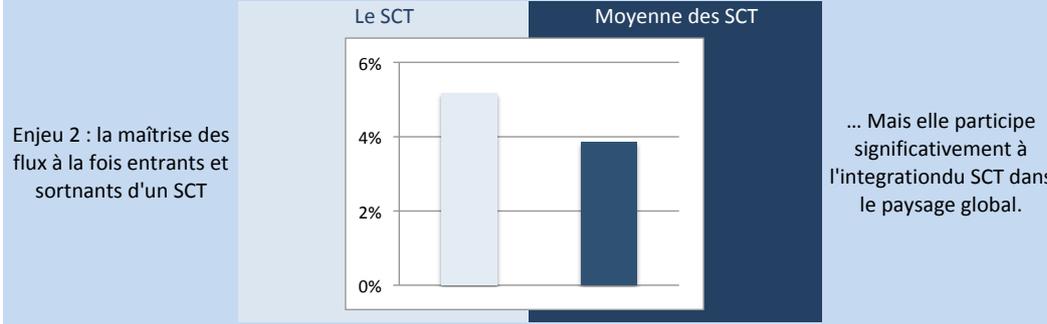
influence des SCT dans l'environnement de connaissances défense

Autosuffisance	0,002740441
----------------	-------------



La sphère de défense joue un faible rôle dans les flux internes au SCT...

Intégration	0,051759568
-------------	-------------



... Mais elle participe significativement à l'intégration du SCT dans le paysage global.

Influence duale mature

Asymetrie	-0,000082
-----------	-----------

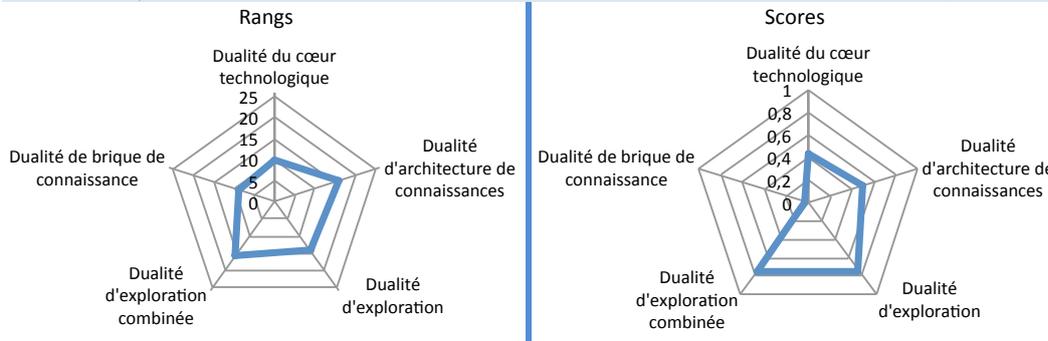


Flux de défense proches de l'équilibre aussi

SCT 14

Evaluation du potentiel dual portant sur la structure interne des SCT

Dualité du cœur technologique	0,434335746
Dualité d'architecture de connaissances	0,497460446
Dualité d'exploration	0,740632957
Dualité d'exploration combinée	0,747253801
Dualité de brique de connaissance	0,030813115



Potentiel dual restreint

Influence des SCT dans l'environnement de connaissances global

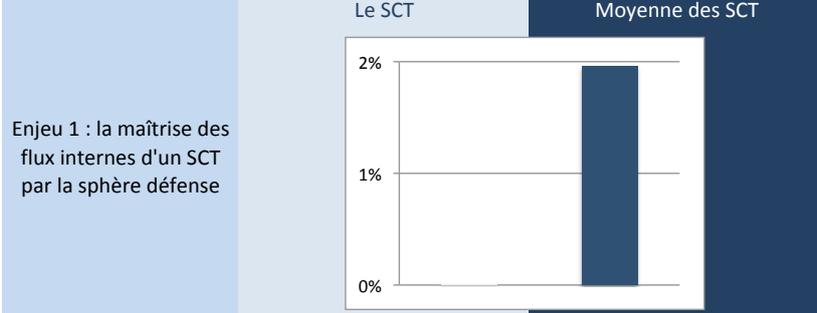
Autosuffisance	0,558608565
Inclusion	0,999951076
intégration	0,999400435
Transfert de connaissances	0,000550641
insertion par les absorptions	0,999907912
insertion par les retombées	0,999480699
Asymetrie	-0,000747767

Influence globale



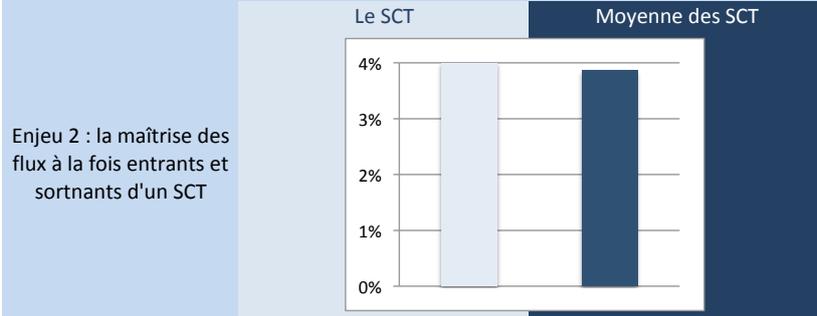
influence des SCT dans l'environnement de connaissances défense

Autosuffisance	0,0000917
----------------	-----------



La sphère de défense ne s'accapare pas les flux internes au SCT et y est même relativement peu autosuffisante...

Intégration	0,040026476
-------------	-------------



... et son implication dans l'intégration du SCT dans le paysage global est tout juste moyenne.

Influence duale neutre

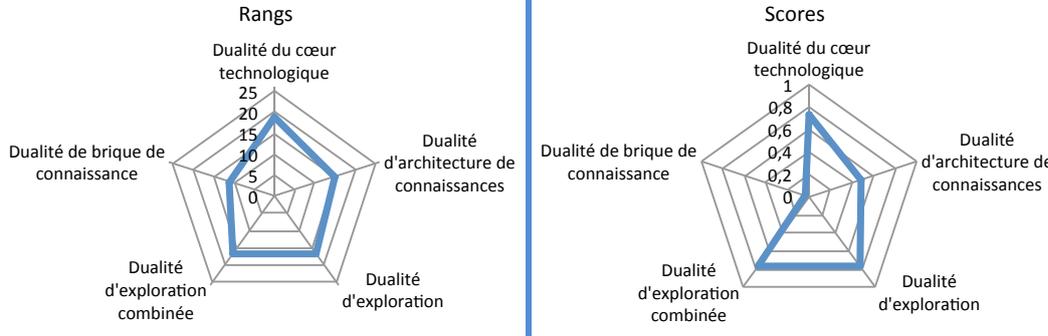
Asymetrie	-0,006562202
-----------	--------------



SCT 15

Evaluation du potentiel dual portant sur la structure interne des SCT

Dualité du cœur technologique	0,735616853
Dualité d'architecture de connaissances	0,482889221
Dualité d'exploration	0,757435258
Dualité d'exploration combinée	0,764275747
Dualité de brique de connaissance	0,031898689



Potentiel dual émergente

Influence des SCT dans l'environnement de connaissances global

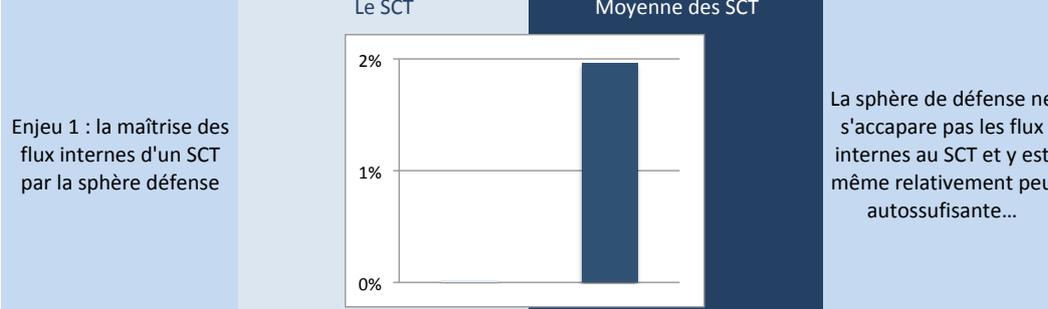
Autosuffisance	0,558608565
Inclusion	0,999951076
intégration	0,999400435
Transfert de connaissances	0,000550641
insertion par les absorptions	0,999907912
insertion par les retombées	0,999480699
Asymetrie	-0,000314867

Influence globale

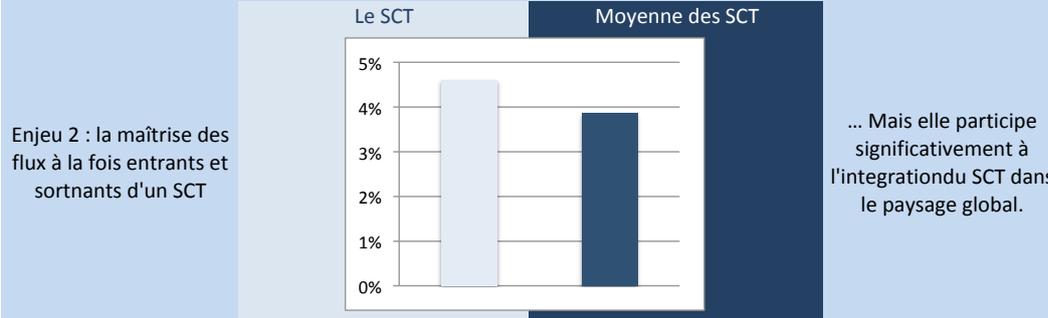


influence des SCT dans l'environnement de connaissances défense

Autosuffisance	0,000161734
----------------	-------------

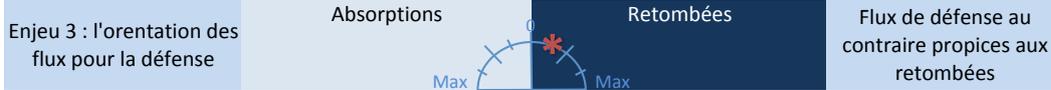


Integration	0,046136407
-------------	-------------



Influence duale établie

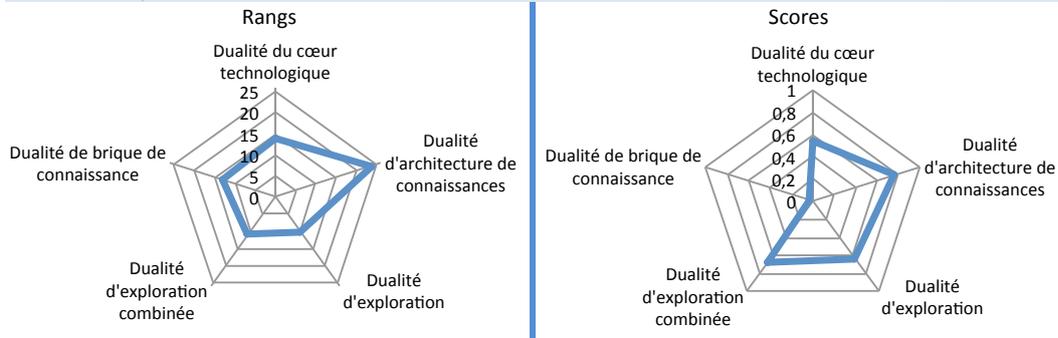
Asymetrie	0,003773816
-----------	-------------



SCT 16

Evaluation du potentiel dual portant sur la structure interne des SCT

Dualité du cœur technologique	0,758695278
Dualité d'architecture de connaissances	0,43769928
Dualité d'exploration	0,738077038
Dualité d'exploration combinée	0,745500402
Dualité de brique de connaissance	0,041257289



Potentiel dual de production industrielle

Influence des SCT dans l'environnement de connaissances global

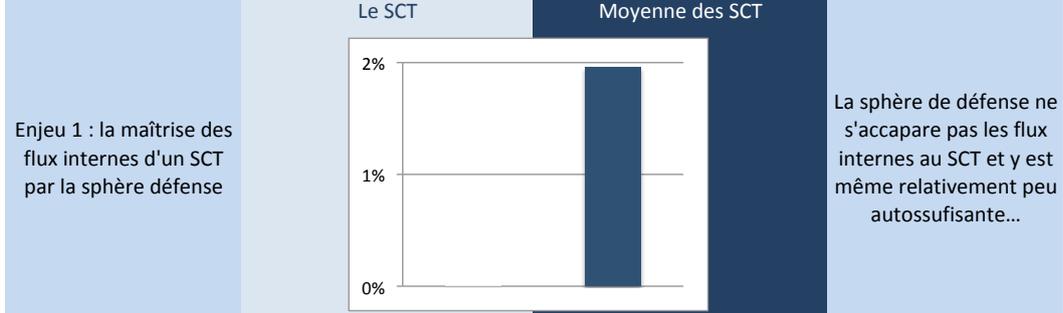
Autosuffisance	0,558608565
Inclusion	0,999951076
intégration	0,999400435
Transfert de connaissances	0,000550641
insertion par les absorptions	0,999907912
insertion par les retombées	0,999480699
Asymetrie	-0,000178902

Influence globale

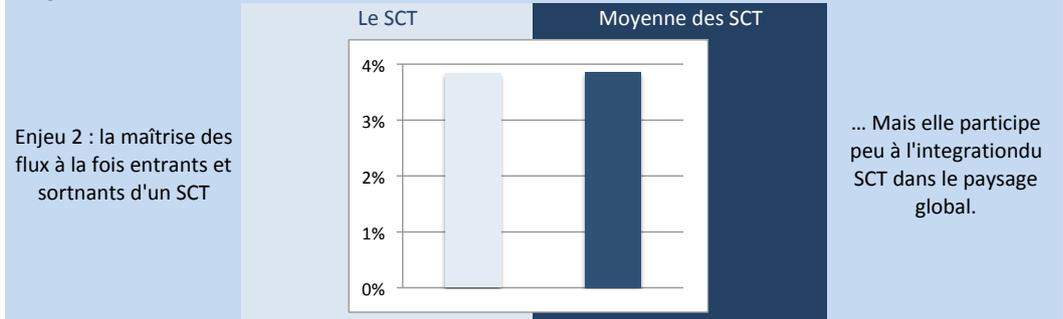


influence des SCT dans l'environnement de connaissances défense

Autosuffisance	0,0000779
----------------	-----------



Intégration	0,038364586
-------------	-------------



Influence duale marginale

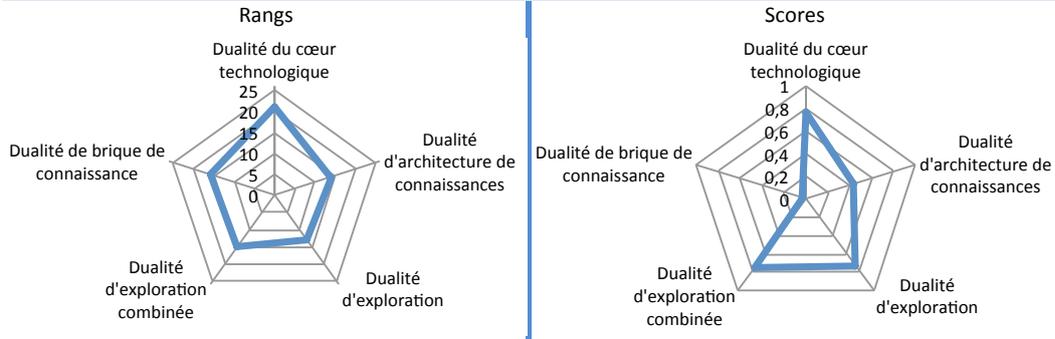
Asymetrie	-0,0000124
-----------	------------



SCT 17

Evaluation du potentiel dual portant sur la structure interne des SCT

Dualité du cœur technologique	0,758695278
Dualité d'architecture de connaissances	0,43769928
Dualité d'exploration	0,738077038
Dualité d'exploration combinée	0,745500402
Dualité de brique de connaissance	0,041257289



Potentiel dual restreint

Influence des SCT dans l'environnement de connaissances global

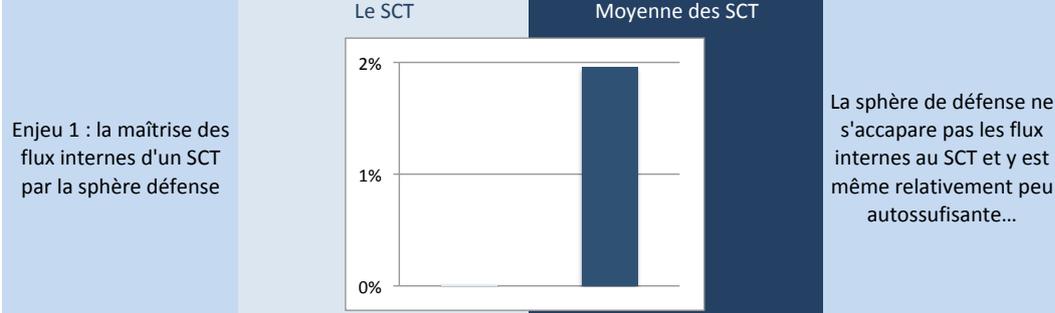
Autosuffisance	0,558608565
Inclusion	0,999951076
intégration	0,999400435
Transfert de connaissances	0,000550641
insertion par les absorptions	0,999907912
insertion par les retombées	0,999480699
Asymetrie	-0,000310865

Influence globale

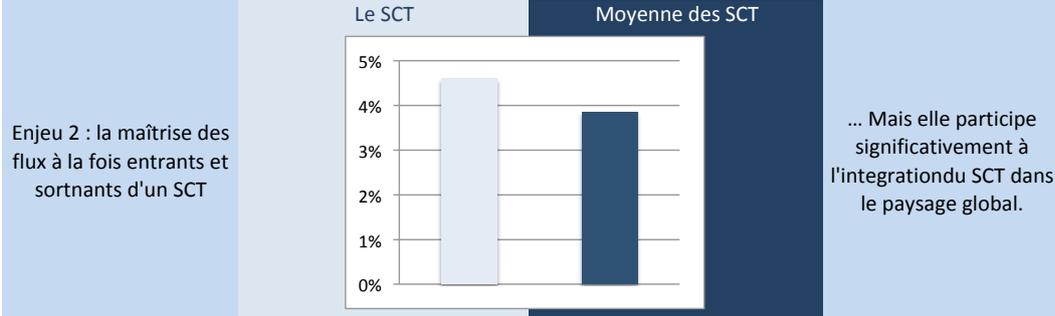


influence des SCT dans l'environnement de connaissances défense

Autosuffisance	0,000166584
----------------	-------------



Intégration	0,04612637
-------------	------------



Influence duale établie

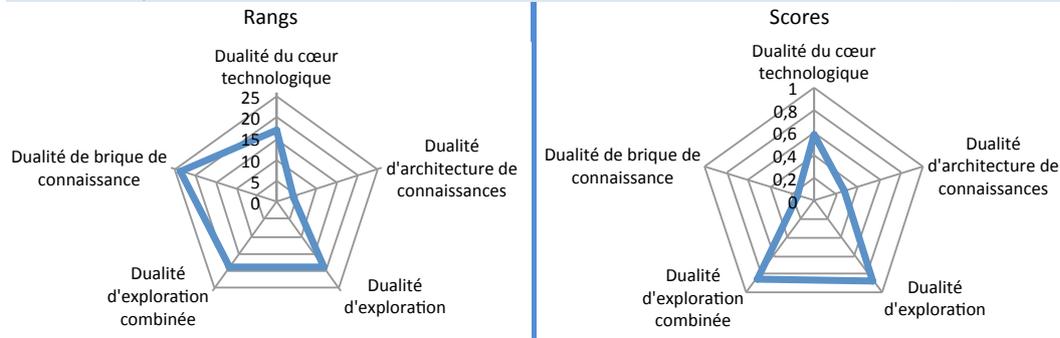
Asymetrie	0,003796113
-----------	-------------



SCT 18

Evaluation du potentiel dual portant sur la structure interne des SCT

Dualité du cœur technologique	0,576803609
Dualité d'architecture de connaissances	0,26968132
Dualité d'exploration	0,878820744
Dualité d'exploration combinée	0,855822108
Dualité de brique de connaissance	0,148400772



Potentiel dual émergente

Influence des SCT dans l'environnement de connaissances global

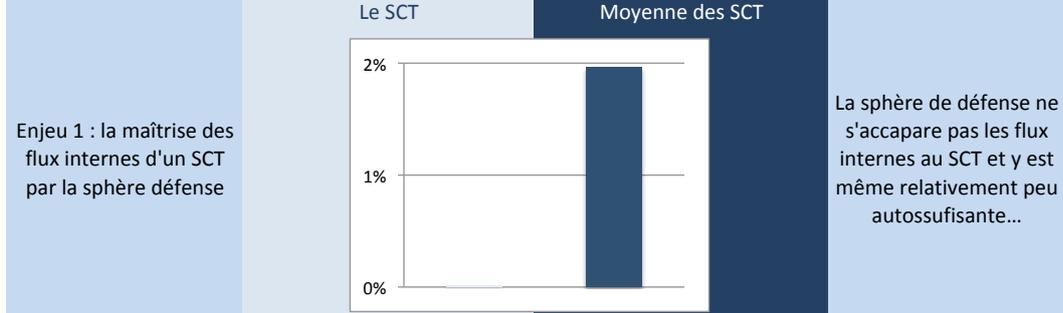
Autosuffisance	0,558608565
Inclusion	0,999951076
intégration	0,999400435
Transfert de connaissances	0,000550641
insertion par les absorptions	0,999907912
insertion par les retombées	0,999480699
Asymetrie	-0,000103593

Influence globale

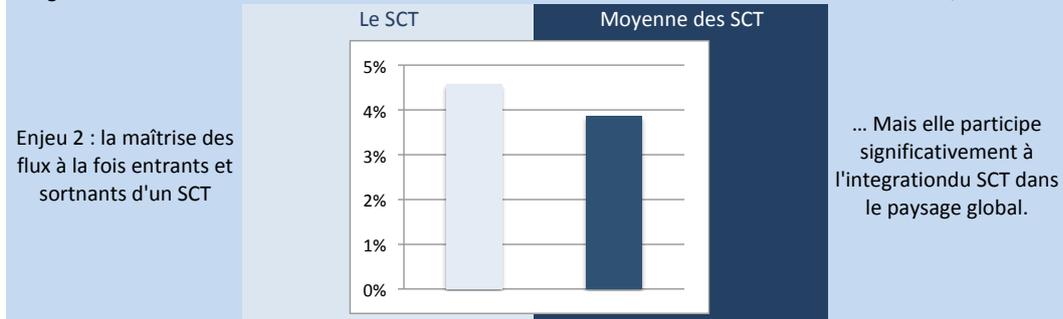


influence des SCT dans l'environnement de connaissances défense

Autosuffisance	0,00010434
----------------	------------



Intégration	0,045737374
-------------	-------------



Influence duale établie

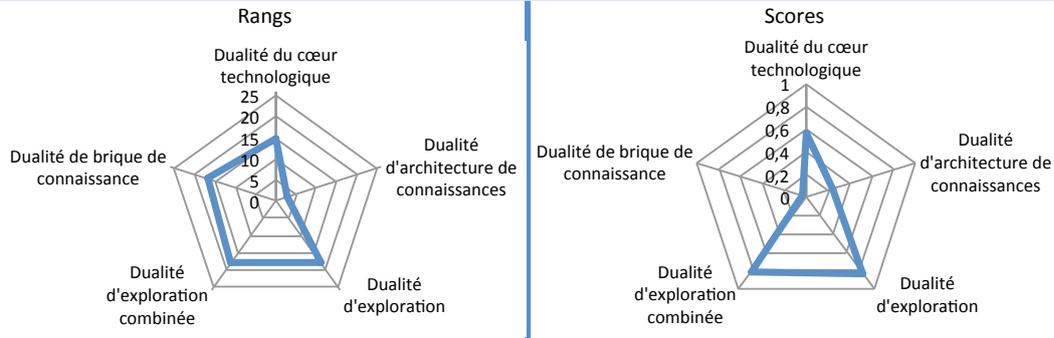
Asymetrie	-0,008587477
-----------	--------------



SCT 19

Evaluation du potentiel dual portant sur la structure interne des SCT

Dualité du cœur technologique	0,356583923
Dualité d'architecture de connaissances	0,330285706
Dualité d'exploration	0,26767336
Dualité d'exploration combinée	0,549274532
Dualité de brique de connaissance	0,000570626



Potentiel dual émergente

Influence des SCT dans l'environnement de connaissances global

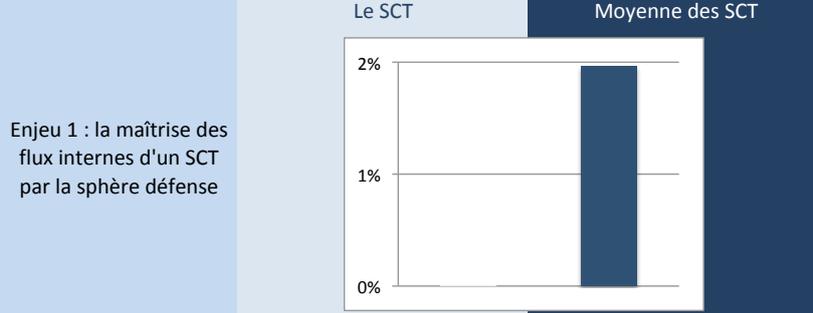
Autosuffisance	0,558608565
Inclusion	0,999951076
intégration	0,999400435
Transfert de connaissances	0,000550641
insertion par les absorptions	0,999907912
insertion par les retombées	0,999480699
Asymetrie	-3,36958E-05

Influence globale



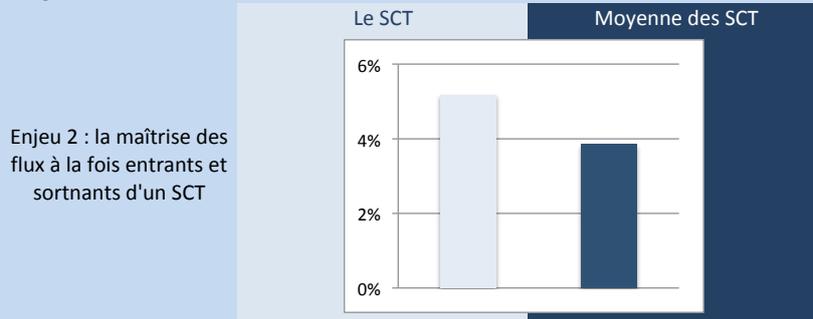
influence des SCT dans l'environnement de connaissances défense

Autosuffisance	0,000021
----------------	----------



La sphère de défense joue un rôle infim dans des flux internes au SCT...

Intégration	0,051807485
-------------	-------------



... Mais elle participe significativement à l'intégration du SCT dans le paysage global.

Influence duale mature

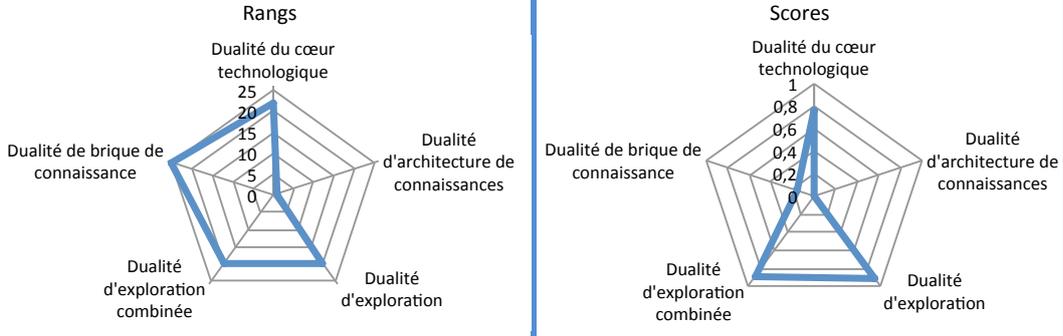
Asymetrie	0,000206705
-----------	-------------



SCT 20

Evaluation du potentiel dual portant sur la structure interne des SCT

Dualité du cœur technologique	0,763955489
Dualité d'architecture de connaissances	0
Dualité d'exploration	0,91718353
Dualité d'exploration combinée	0,881927123
Dualité de brique de connaissance	0,159807818



Potentiel dual émergente

Influence des SCT dans l'environnement de connaissances global

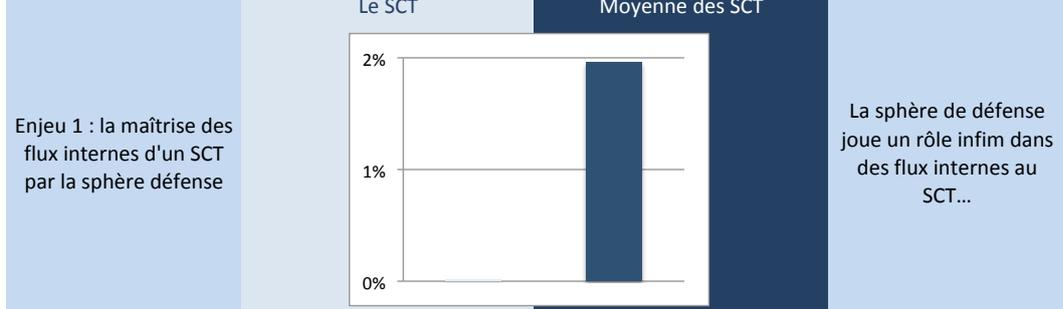
Autosuffisance	0,558608565
Inclusion	0,999951076
intégration	0,999400435
Transfert de connaissances	0,000550641
insertion par les absorptions	0,999907912
insertion par les retombées	0,999480699
Asymetrie	-3,69011E-05

Influence globale



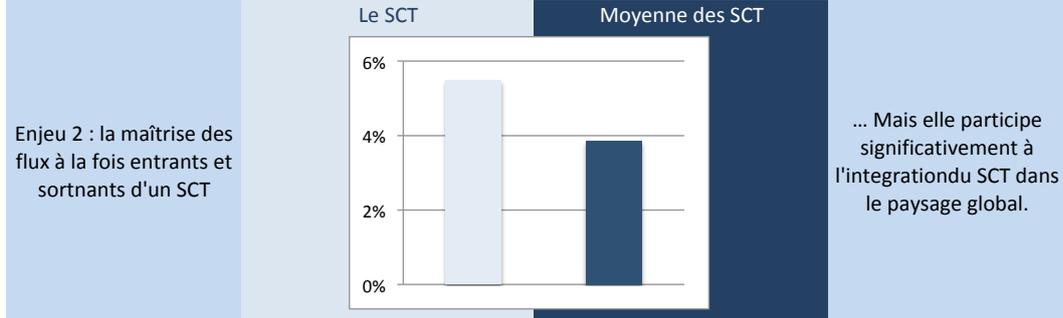
influence des SCT dans l'environnement de connaissances défense

Autosuffisance	0,000104651
----------------	-------------



La sphère de défense joue un rôle infim dans des flux internes au SCT...

Intégration	0,05487591
-------------	------------



... Mais elle participe significativement à l'intégration du SCT dans le paysage global.

Influence duale mature

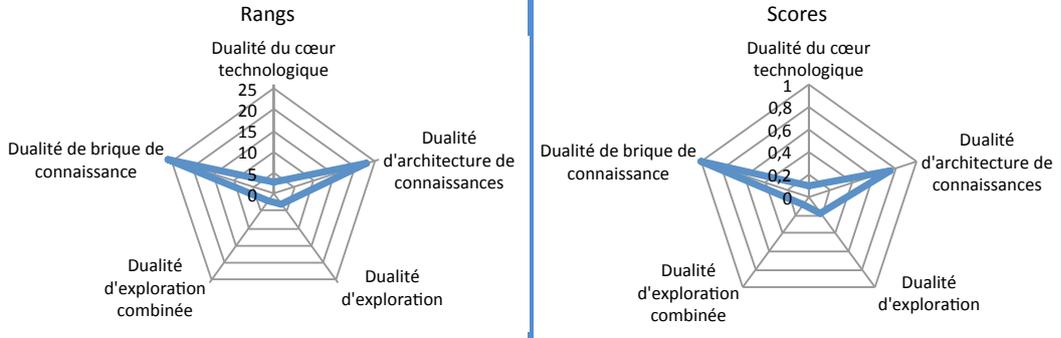
Asymetrie	0,000164192
-----------	-------------



SCT 21

Evaluation du potentiel dual portant sur la structure interne des SCT

Dualité du cœur technologique	0,099897661
Dualité d'architecture de connaissances	0,759014046
Dualité d'exploration	0,182520757
Dualité d'exploration combinée	0,076389209
Dualité de brique de connaissance	1



Potentiel dual périphérique

Influence des SCT dans l'environnement de connaissances global

Autosuffisance	0,558608565
Inclusion	0,999951076
intégration	0,999400435
Transfert de connaissances	0,000550641
insertion par les absorptions	0,999907912
insertion par les retombées	0,999480699
Asymetrie	-0,000306103

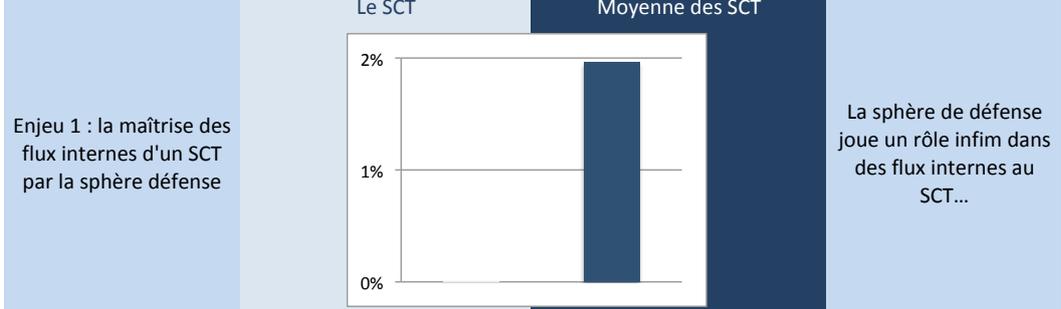
Influence globale



Flux globaux fortement propices aux absorptions

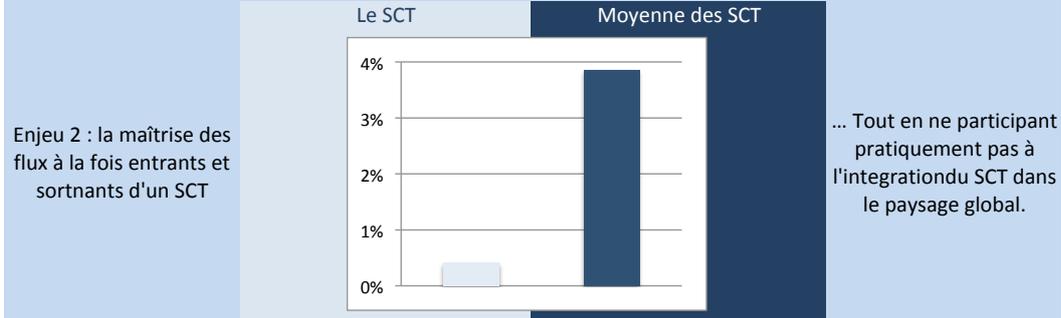
influence des SCT dans l'environnement de connaissances défense

Autosuffisance	0,0000125
----------------	-----------



La sphère de défense joue un rôle infim dans des flux internes au SCT...

Intégration	0,004221587
-------------	-------------



... Tout en ne participant pratiquement pas à l'intégration du SCT dans le paysage global.

Influence duale déséquilibrée

Asymetrie	0,009149841
-----------	-------------

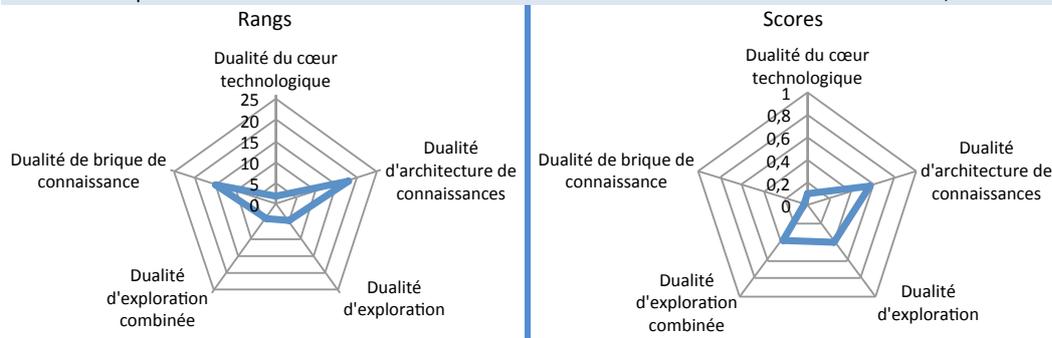


Flux de défense au contraire fortement propices aux retombées

SCT 22

Evaluation du potentiel dual portant sur la structure interne des SCT

Dualité du cœur technologique	0,098811635
Dualité d'architecture de connaissances	0,575277537
Dualité d'exploration	0,401397061
Dualité d'exploration combinée	0,374143178
Dualité de brique de connaissance	0,041196487



Potentiel dual
periphérique à
inexistant

Influence des SCT dans l'environnement de connaissances global

Autosuffisance	0,558608565
Inclusion	0,999951076
intégration	0,999400435
Transfert de connaissances	0,000550641
insertion par les absorptions	0,999907912
insertion par les retombées	0,999480699
Asymetrie	-0,000195964

Influence
globale

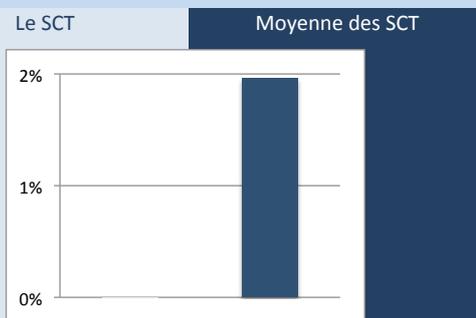


Flux globaux popices
aux absorptions

influence des SCT dans l'environnement de connaissances défense

Autosuffisance	0,0000267
----------------	-----------

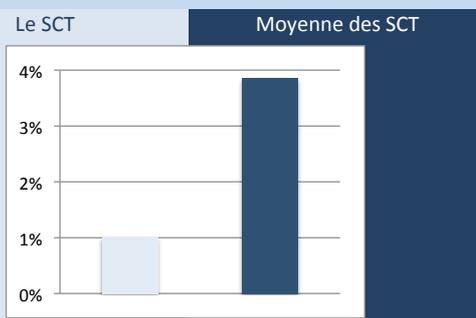
Enjeu 1 : la maîtrise des flux internes d'un SCT par la sphère défense



La sphère de défense joue un rôle infim dans des flux internes au SCT...

Integration	0,010186165
-------------	-------------

Enjeu 2 : la maîtrise des flux à la fois entrants et sortnants d'un SCT



... Tout en ne participant pratiquement pas à l'integration du SCT dans le paysage global.

Asymetrie	0,014994012
-----------	-------------



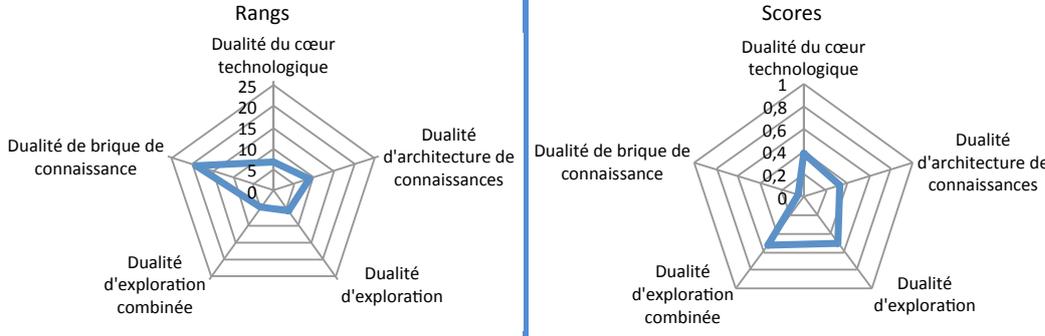
Flux dedéfense au contraire fortement propices aux retombées

Influence
duale
déséquilibrée

SCT 23

Evaluation du potentiel dual portant sur la structure interne des SCT

Dualité du cœur technologique	0,388253657
Dualité d'architecture de connaissances	0,336711377
Dualité d'exploration	0,510927538
Dualité d'exploration combinée	0,524097117
Dualité de brique de connaissance	0,04830034



Potentiel dual restreint

Influence des SCT dans l'environnement de connaissances global

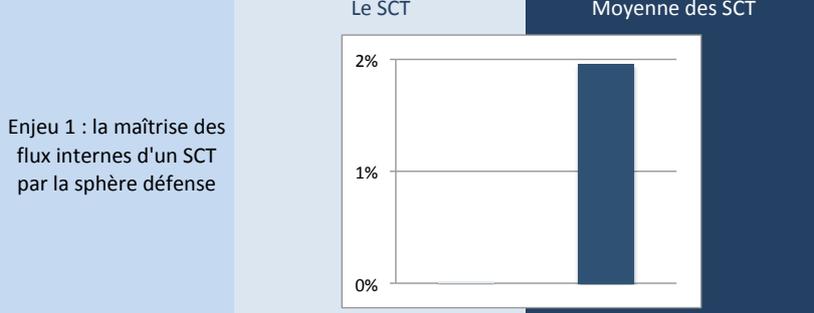
Autosuffisance	0,558608565
Inclusion	0,999951076
intégration	0,999400435
Transfert de connaissances	0,000550641
insertion par les absorptions	0,999907912
insertion par les retombées	0,999480699
Asymetrie	4,21343E-05

Influence globale



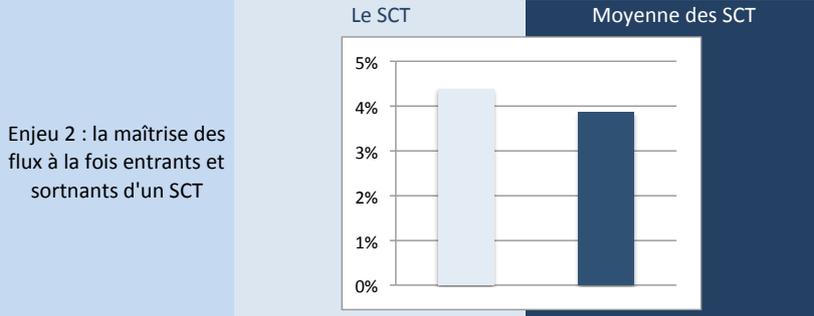
influence des SCT dans l'environnement de connaissances défense

Autosuffisance	0,000170826
----------------	-------------



La sphère de défense ne s'accapare pas les flux internes au SCT et y est même relativement peu autosuffisante...

Intégration	0,043886163
-------------	-------------



... Mais elle participe significativement à l'intégration du SCT dans le paysage global.

Influence duale restreinte

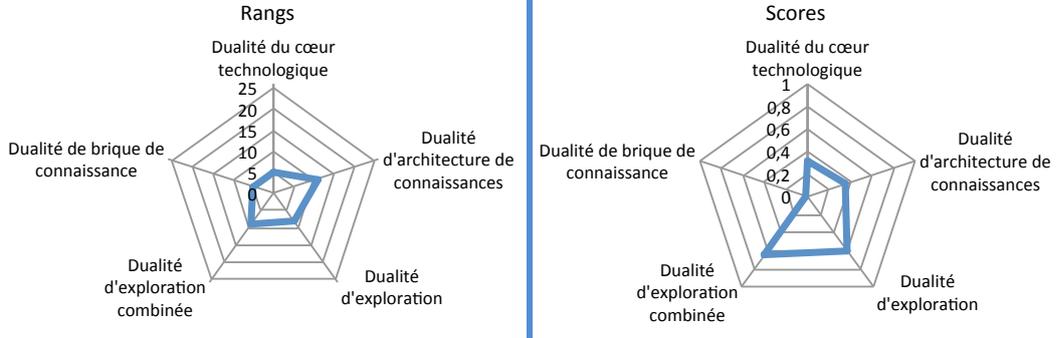
Asymetrie	0,007235646
-----------	-------------



SCT 24

Evaluation du potentiel dual portant sur la structure interne des SCT

Dualité du cœur technologique	0,309567133
Dualité d'architecture de connaissances	0,35624092
Dualité d'exploration	0,603287895
Dualité d'exploration combinée	0,642367287
Dualité de brique de connaissance	0,010996576



Potentiel dual restreint

Influence des SCT dans l'environnement de connaissances global

Autosuffisance	0,558608565
Inclusion	0,999951076
intégration	0,999400435
Transfert de connaissances	0,000550641
insertion par les absorptions	0,999907912
insertion par les retombées	0,999480699
Asymetrie	-2,41515E-06

Influence globale

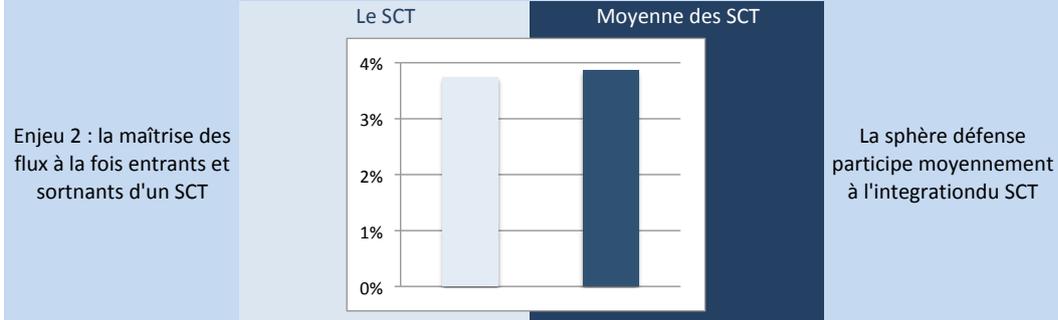


influence des SCT dans l'environnement de connaissances défense

Autosuffisance	0,0001625
----------------	-----------



Intégration	0,037431764
-------------	-------------



Influence duale restreinte

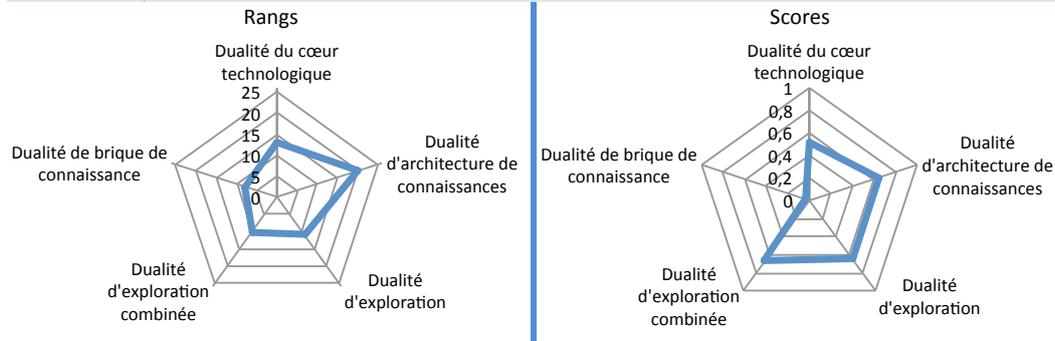
Asymetrie	0,004039719
-----------	-------------



SCT 25

Evaluation du potentiel dual portant sur la structure interne des SCT

Dualité du cœur technologique	0,513800232
Dualité d'architecture de connaissances	0,643936439
Dualité d'exploration	0,646528469
Dualité d'exploration combinée	0,670558164
Dualité de brique de connaissance	0,029949753

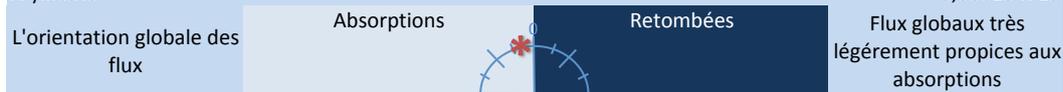


Potentiel dual de production industrielle

Influence des SCT dans l'environnement de connaissances global

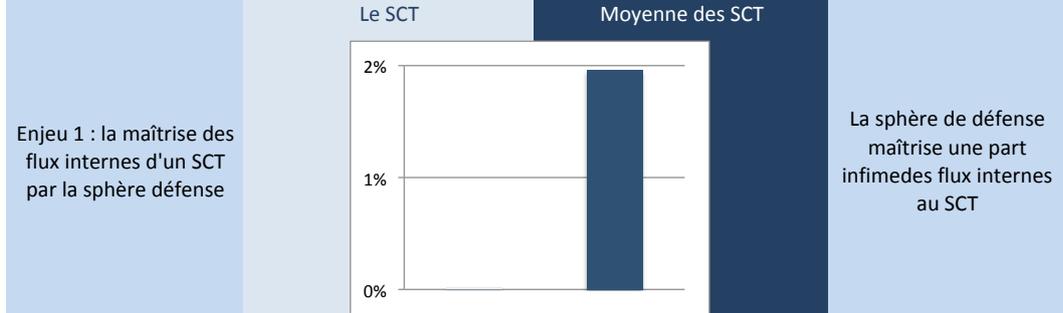
Autosuffisance	0,558608565
Inclusion	0,999951076
intégration	0,999400435
Transfert de connaissances	0,000550641
insertion par les absorptions	0,999907912
insertion par les retombées	0,999480699
Asymetrie	-0,000154729

Influence globale

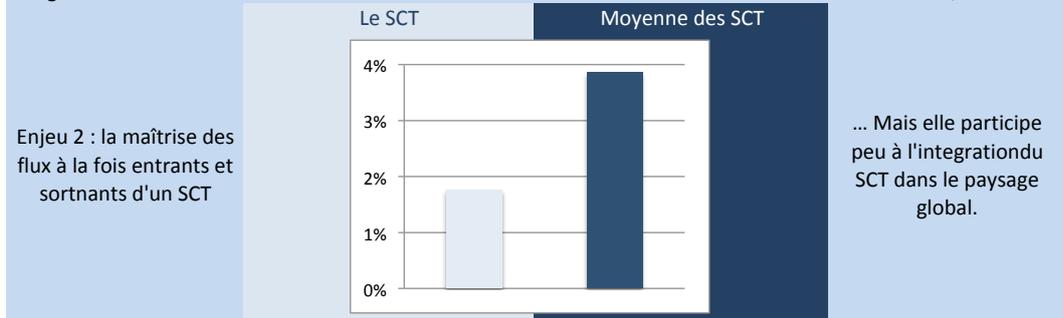


influence des SCT dans l'environnement de connaissances défense

Autosuffisance	0,0001625
----------------	-----------



Intégration	0,017543414
-------------	-------------



Influence duale marginale

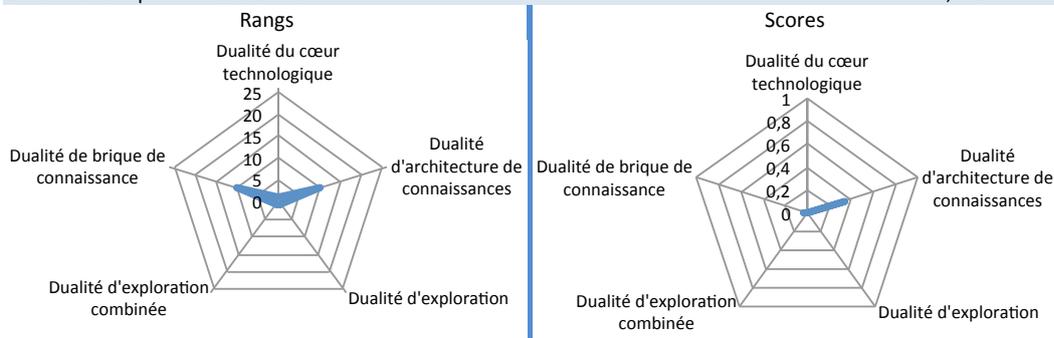
Asymetrie	0,018782758
-----------	-------------



SCT 1

Evaluation du potentiel dual portant sur la structure interne des SCT

Dualité du cœur technologique	0
Dualité d'architecture de connaissances	0,337937119
Dualité d'exploration	0
Dualité d'exploration combinée	0
Dualité de brique de connaissance	0,031378435



Potentiel dual inexistant

Influence des SCT dans l'environnement de connaissances global

Autosuffisance	0,558608565
Inclusion	0,999951076
intégration	0,999400435
Transfert de connaissances	0,000550641
insertion par les absorptions	0,999907912
insertion par les retombées	0,999480699
Asymetrie	0,000280559

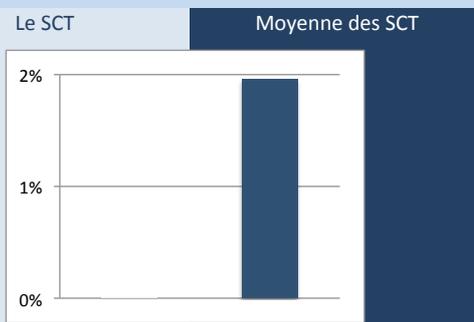
Influence globale



influence des SCT dans l'environnement de connaissances défense

Autosuffisance	0,0000525
----------------	-----------

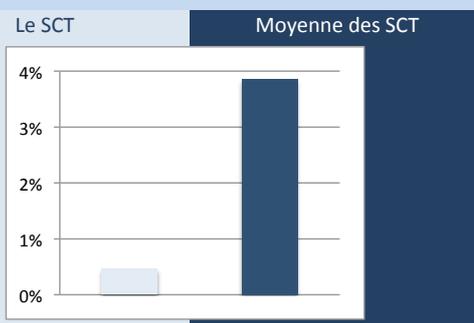
Enjeu 1 : la maîtrise des flux internes d'un SCT par la sphère défense



La sphère de défense joue un rôle infim dans des flux internes au SCT...

Integration

Enjeu 2 : la maîtrise des flux à la fois entrants et sortants d'un SCT



... Tout en ne participant pratiquement pas à l'integration du SCT dans le paysage global.

Influence duale restreinte

Asymetrie

Enjeu 3 : l'orientation des flux pour la défense



0,035376123
Flux défense aussi très fortement propices aux retombées

Annexe 4 : Les circularités dans les secteurs industriels

Cette annexe présente les scores d'interdépendance au sein des trente secteurs industriels de la base de données entreprise de l'IPTS tels qu'ils sont identifiés par la Commission Européenne. Les scores sont normés entre 0 et 1 selon la même procédure que celle présentée dans le corps du texte.

Secteur industriel	Poids des circularités dans la structure
<i>Electronic Equipment</i>	1
<i>Aerospace & Defence</i>	0,992774502
<i>General Industrials</i>	0,9438286
<i>Semiconductors</i>	0,442693682
<i>Automobiles & Parts</i>	0,361283857
<i>Health Care Equipment & Services</i>	0,316203494
<i>Electrical Components & Equipment</i>	0,263437643
<i>Computer Services</i>	0,184383255
<i>Chemicals</i>	0,167903907
<i>Electronic Office Equipment</i>	0,151147943
<i>Leisure Goods</i>	0,12932789
<i>Telecommunications Equipment</i>	0,115455685
<i>Pharmaceuticals</i>	0,112600079
<i>Industrial Machinery</i>	0,074462692
<i>Software</i>	0,055480706
<i>Computer Hardware</i>	0,043810021
<i>Household Goods & Home Construction</i>	0,030425115
<i>Consumer Electronics</i>	0,027714208
<i>Industrial Metals & Mining</i>	0,024899095
<i>Internet</i>	0,024817635
<i>Fixed Line Telecommunications</i>	0,024005319
<i>Biotechnology</i>	0,013659009
<i>Commercial Vehicles & Trucks</i>	0,007239549
<i>Personal Goods</i>	0,005208563
<i>Construction & Materials</i>	0,0047252
<i>Oil & Gas Producers</i>	0,004142913
<i>Oil Equipment, Services & Distribution</i>	0,004111001
<i>Business Support Services</i>	0,001889932
<i>Financial Services</i>	0,00184436
<i>Equity Investment Instruments</i>	0,001804551
<i>Electricity</i>	0,001674082
<i>Heavy Construction</i>	0,001502669

<i>General Retailers</i>	0,001473005
<i>Recreational Products</i>	0,001199098
<i>Food Producers</i>	0,000951179
<i>Media</i>	0,000876578
<i>Banks</i>	0,000757601
<i>Durable Household Products</i>	0,000746516
<i>Beverages</i>	0,000712894
<i>Travel & Leisure</i>	0,000653382
<i>Diversified Industrials</i>	0,000630827
<i>Tobacco</i>	0,000553054
<i>Specialty Chemicals</i>	0,000457851
<i>Support Services</i>	0,000364022
<i>Gas, Water & Multi-utilities</i>	0,00026548
<i>Alternative Energy</i>	0,00019922
<i>Auto Parts</i>	0,000147638
<i>Mobile Telecommunications</i>	0,000138825
<i>Containers & Packaging</i>	0,000125145
<i>Building Materials & Fixtures</i>	7,43e-05
<i>Integrated Oil & Gas</i>	7,13e-05
<i>Forestry & Paper</i>	5,91e-05
<i>Mining</i>	5,49e-05
<i>Furnishings</i>	2,91e-05
<i>Clothing & Accessories</i>	2,30e-05
<i>Tires</i>	1,10e-05
<i>Paper</i>	1,05e-05
<i>Restaurants & Bars</i>	7,16e-06
<i>Real Estate Services</i>	4,24e-06
<i>Nonferrous Metals</i>	3,82e-06
<i>Investment Services</i>	2,81e-06
<i>Nonequity Investment Instruments</i>	9,86e-07
<i>Industrial Transportation</i>	5,89e-07
<i>Specialty Finance</i>	5,57e-07
<i>Commodity Chemicals</i>	2,54e-07
<i>Food & Drug Retailers</i>	2,02e-07
<i>Gas Distribution</i>	1,00e-07
<i>Pharmaceuticals & Biotechnology</i>	7,25e-08
<i>Mobile Telecommunications</i>	2,77e-08
<i>Personal Products</i>	2,71e-08
<i>Conventional Electricity</i>	2,00e-08
<i>Electronic & Electrical Equipment</i>	1,18e-08
<i>Transportation Services</i>	7,48e-09
<i>Specialized Consumer Services</i>	9,35e-10
<i>Real Estate Holding & Development</i>	6,09e-10
<i>Travel & Tourism</i>	2,56e-10
<i>Automobiles</i>	2,43e-11

Annexe 5 : Les scores d'influence des SCT

1. Les scores d'influence dans l'environnement de connaissances global

SCT	Asymétrie	Centralité de cohésion	Autosuffisance	Exclusion	Inclusion
1	0,0029396	4,86E-05	0,723789558	0,0010413	0,9989586
2	0,0002308	5,68E-05	0,68422801	0,0001591	0,9998408
3	-0,000427	0,000132	0,558608565	4,89E-05	0,9999510
4	-0,000141	4,80E-05	0,242576575	0,0001431	0,999856
5	-6,18E-05	0,0003445	3,89E-01	1,08E-06	0,9999989
6	-0,000278	5,92E-05	0,21261353	2,39E-05	0,9999760
7	-0,000519	2,14E-05	0,220129336	0,0002740	0,9997259
8	-6,44E-05	0,000434	0,433731845	1,13E-06	0,9999988
9	-5,29E-05	0,0005427	0,530154133	1,31E-06	0,9999986
10	-4,33E-05	0,0006708	0,532020075	1,15E-06	0,999998
11	-0,000115	0,0001135	0,255219138	2,67E-05	0,9999733
12	-5,68E-05	0,0001372	0,2156392	1,73E-06	0,9999982
13	-6,13E-05	0,0001543	0,379311348	1,80E-06	0,9999982
14	-0,000747	7,70E-05	2,82E-01	0,0001043	0,9998956
15	-0,000314	0,0001388	0,34588017	6,18E-06	0,9999938
16	-1,79E-04	7,92E-05	3,45E-01	6,93E-05	0,9999307
17	-0,000310	0,0002365	0,426369618	7,68E-06	0,9999923
18	-0,000103	0,0002633	0,157992199	4,21E-06	0,9999957
19	-3,37E-05	0,0001726	9,82E-02	8,91E-07	0,9999991
20	-3,69E-05	0,0004932	0,248890274	1,21E-06	0,9999979
21	-0,000306	0,0001563	1,97E-01	0,0001574	0,9998425
22	-0,000195	5,59E-05	4,45E-01	0,0003088	0,9996911
23	4,21E-05	5,39E-05	0,432500684	8,97E-05	0,9999103
24	-2,42E-06	2,99E-05	0,533222726	0,0003022	0,9996977
25	-0,000154	0,0001022	0,419390482	0,0001582	0,9998417
26	0,0002805	2,80E-05	2,07E-01	0,0005067	0,9994932

SCT	Insertion par les Absorptions	Insertion par les Retombées	Intégration	Interaction	Transfert de connaissances
1	0,99521045	0,99815099	0,993046515	2,76E-01	0,005912136
2	0,99928517	0,99951607	0,998715522	3,16E-01	0,001125325
3	0,99990791	0,99948069	0,999400435	4,41E-01	0,000550641
4	0,99974063	0,99959949	0,999424662	7,57E-01	0,000432209
5	0,99999876	0,9999369	0,999936784	0,61135882	6,21E-05
6	0,99992927	0,99965103	0,999586252	7,87E-01	0,000389825
7	0,99955407	0,99903444	0,998667577	7,80E-01	0,001058389
8	0,99999864	0,99993419	0,999933955	0,56626815	6,49E-05

9	0,99999848	0,99994558	0,999945367	0,46984586	5,33E-05
10	0,99999855	0,99995519	0,999954885	0,46797992	4,40E-05
11	0,99995388	0,99983816	0,999812309	7,45E-01	0,000161017
12	0,99999577	0,99993899	0,999936201	0,7843608	6,21E-05
13	0,99999771	0,99993642	0,99993587	6,21E-01	6,23E-05
14	0,99985826	0,99911024	0,999080586	7,18E-01	0,000815082
15	0,99999382	0,99967882	0,999678823	6,54E-01	0,000314999
16	0,99984550	0,99966654	0,999540531	6,55E-01	0,000390187
17	0,9999923	0,9996813	0,999681296	0,57363038	0,000311027
18	0,99999349	0,99988985	0,999887111	0,84200780	0,000108676
19	0,99999906	0,99996535	0,999965304	0,90177	3,38E-05
20	0,99999876	0,99996183	0,999961811	0,75110972	3,70E-05
21	0,99962493	0,99931870	0,998959717	0,80310076	0,000882791
22	0,99942062	0,99922459	0,998804205	5,55E-01	0,000886897
23	0,99965197	0,99969411	0,999323759	5,67E-01	0,000586554
24	0,99926652	0,99926410	0,998548391	4,67E-01	0,001149333
25	0,99980672	0,99965194	0,999606016	5,81E-01	0,000235725
26	0,99860439	0,99888503	0,997486405	7,93E-01	0,002006846

2. Les scores des contributions de défense à l'influence

SCT	Asymétrie	Centralité de cohésion	Autosuffisance	Exclusion	Inclusion
1	-0,001055	0,000049	0,243147	0,990498	0,009502
2	-0,000513	0,000057	0,226238	0,990751	0,009249
3	-0,000914	0,000133	0,005628	0,948035	0,051965
4	-0,002284	0,000048	0,000598	0,946730	0,053270
5	-0,001216	0,000345	0,000033	0,944788	0,055212
6	-0,006574	0,000059	0,003577	0,946394	0,053606
7	-0,007387	0,000021	0,015859	0,947928	0,052072
8	-0,000457	0,000434	0,001177	0,946069	0,053931
9	-0,000305	0,000543	0,003227	0,948915	0,051085
10	-0,000130	0,000671	0,003266	0,950623	0,049377
11	-0,005573	0,000114	0,000321	0,947468	0,052532
12	-0,000083	0,000137	0,002192	0,948133	0,051867
13	-0,000082	0,000154	0,002740	0,948143	0,051857
14	-0,006562	0,000077	0,000092	0,953174	0,046826
15	0,003774	0,000139	0,000162	0,944793	0,055207
16	-0,000012	0,000079	0,000078	0,947262	0,052738
17	0,003796	0,000237	0,000167	0,944851	0,055149
18	-0,008587	0,000263	0,000104	0,945009	0,054991
19	0,000207	0,000173	0,000021	0,946328	0,053672
20	0,000164	0,000493	0,000105	0,944854	0,055146
21	0,009150	0,000156	0,000013	0,985890	0,014110
22	0,014994	0,000056	0,000027	0,961647	0,038353
23	0,007236	0,000054	0,000171	0,948292	0,051708

24	0,004040	0,000030	0,000700	0,948271	0,051729
25	0,018783	0,000102	0,000163	0,948938	0,051062
26	0,035376	2,80E-05	5,25E-05	0,959013	0,040986

SCT	Insertion par les Absorptions	Insertion par les Retombées	Intégration	Interaction	Transfert de connaissances
1	0,009295	0,008240	0,008059	0,756853	0,001443
2	0,009062	0,008549	0,008380	0,773762	0,000868
3	0,051957	0,051043	0,051035	0,994372	0,000930
4	0,052997	0,050713	0,050462	0,999402	0,002808
5	0,055130	0,053914	0,053831	0,999967	0,001381
6	0,052674	0,046100	0,045256	0,996423	0,008350
7	0,052056	0,044670	0,044654	0,984141	0,007417
8	0,053856	0,053398	0,053323	0,998823	0,000608
9	0,051013	0,050708	0,050636	0,996773	0,000448
10	0,049377	0,049246	0,049246	0,996734	0,000130
11	0,051004	0,045430	0,043983	0,999679	0,008549
12	0,051859	0,051776	0,051769	0,997808	0,000098
13	0,051849	0,051767	0,051760	0,997260	0,000097
14	0,046705	0,040143	0,040026	0,999908	0,006799
15	0,048793	0,052567	0,046136	0,999838	0,009071
16	0,045526	0,045513	0,038365	0,999922	0,014373
17	0,048748	0,052544	0,046126	0,999833	0,009023
18	0,054659	0,046072	0,045737	0,999896	0,009253
19	0,052637	0,052844	0,051807	0,999979	0,001865
20	0,054929	0,055093	0,054876	0,999895	0,000270
21	0,004517	0,013666	0,004222	0,999987	0,009888
22	0,016192	0,031186	0,010186	0,999973	0,028167
23	0,044177	0,051413	0,043886	0,999829	0,007822
24	0,041772	0,045812	0,037432	0,999300	0,014297
25	0,024183	0,042966	0,017543	0,999838	0,033519
26	0,005092	0,0404683	0,004651	0,999947	0,036335

Annexe 6 : Classements moyens de la contribution relative des firmes à l'influence des SCT

Les scores présentés ici sont ceux correspondant aux trois enjeux identifiés dans la thèse. Ils représentent la moyenne obtenue par chaque firme pour les 26 SCT. Si la firme a une part civile et une part défense, alors elle apparaît dans les deux classements en fonction de sa part d'activité dans chaque domaine. Afin de ne pas encombrer la thèse de résultats non significatifs, seules les cent premières contributions civiles sont retranscrites ici. Ces scores pourront être fournis à la demande.

Contributions relative défense à l'autosuffisance :

Scores	Entreprises	Industries
0,017538872	RAYTHEON	<i>Electronic Equipment</i>
0,013328524	LOCKHEED MARTIN	<i>Aerospace & Defence</i>
0,013247553	FINMECCANICA	<i>Aerospace & Defence</i>
0,009065604	BAE SYSTEMS	<i>Aerospace & Defence</i>
0,008712709	ALLIANT TECHSYSTEMS	<i>Aerospace & Defence</i>
0,00860562	NEXTER	<i>Aerospace & Defence</i>
0,008429563	RHEINMETALL	<i>Automobiles & Parts</i>
0,007730931	NORTHROP GRUMMAN	<i>Electronic Equipment</i>
0,007099253	UNITED TECHNOLOGIES	<i>Aerospace & Defence</i>
0,006353471	HONEYWELL	<i>General Industrials</i>
0,005603133	ROLLS-ROYCE	<i>Aerospace & Defence</i>
0,003625475	HYUNDAI MOTOR	<i>Automobiles & Parts</i>
0,002811417	BOEING	<i>Aerospace & Defence</i>
0,002738648	SAFRAN	<i>Aerospace & Defence</i>
0,00273631	CHEMRING	<i>Aerospace & Defence</i>
0,002649785	GENERAL ELECTRIC	<i>General Industrials</i>
0,002562063	QINETIQ	<i>Business Support Services</i>
0,001737423	EADS	<i>Aerospace & Defence</i>
0,001283582	THALES	<i>Aerospace & Defence</i>
0,00124384	ESTERLINE TECHNOLOGIES	<i>Aerospace & Defence</i>
0,001171742	SIEMENS	<i>Electrical Components & Equipment</i>
0,001088082	MITSUBISHI HEAVY	<i>General Industrials</i>
0,000840419	SAMSUNG TECHWIN	<i>Consumer Electronics</i>
0,000793098	GENCORP	<i>Aerospace & Defence</i>
0,000645049	L-3 COMMUNICATIONS	<i>Aerospace & Defence</i>
0,000604815	TEXTRON	<i>Aerospace & Defence</i>
0,000600596	MTU AERO ENGINES	<i>Aerospace & Defence</i>
0,000581043	JFE	<i>Industrial Metals & Mining</i>

0,000437881	KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES	<i>General Industrials</i>
0,00035336	HARRIS	<i>Telecommunications Equipment</i>
0,000336799	IAI	<i>Aerospace & Defence</i>
0,000301036	GENERAL DYNAMICS	<i>Aerospace & Defence</i>
0,000256609	ORBITAL SCIENCES	<i>Aerospace & Defence</i>
0,000220284	ROCKWELL COLLINS	<i>Aerospace & Defence</i>
0,000205172	THYSSENKRUPP	<i>Industrial Metals & Mining</i>
0,000152997	MITSUBISHI ELECTRIC	<i>Electrical Components & Equipment</i>
0,000145145	KONGSBERG GRUPPEN	<i>Aerospace & Defence</i>
0,000138677	NEC	<i>Computer Services</i>
0,000124809	AVIO	<i>Aerospace & Defence</i>
0,000117086	ZODIAC AEROSPACE	<i>Aerospace & Defence</i>
0,000104336	DIEHL	<i>General Industrials</i>
9,89331e-05	GKN	<i>Automobiles & Parts</i>
6,72225e-05	SAAB	<i>Aerospace & Defence</i>
6,61626e-05	OSHKOSH	<i>Commercial Vehicles & Trucks</i>
5,53492e-05	ELBIT SYSTEMS	<i>Aerospace & Defence</i>
5,03094e-05	TRIUMPH	<i>Aerospace & Defence</i>
4,99801e-05	IHI	<i>Industrial Machinery</i>
4,77878e-05	CURTISS-WRIGHT	<i>Aerospace & Defence</i>
4,55105e-05	COBHAM	<i>Aerospace & Defence</i>
4,25346e-05	TELEDYNE TECHNOLOGIES	<i>Aerospace & Defence</i>
3,90768e-05	ULTRA ELECTRONICS	<i>Aerospace & Defence</i>
2,86398e-05	HEWLETT-PACKARD	<i>Computer Hardware</i>
2,69933e-05	DASSAULT AVIATION	<i>Aerospace & Defence</i>
2,36969e-05	ITT	<i>General Industrials</i>
2,02912e-05	MEGGITT	<i>Aerospace & Defence</i>
1,21849e-05	EMBRAER	<i>Aerospace & Defence</i>
1,13695e-05	FIAT INDUSTRIAL	<i>Industrial Machinery</i>
8,98431e-06	SPIRIT AEROSYSTEMS	<i>Aerospace & Defence</i>
5,46923e-06	MOOG	<i>Aerospace & Defence</i>
4,35469e-06	INDUSTRIA DE TURBO PROPULSOIRES	<i>Aerospace & Defence</i>
3,09785e-06	HEICO	<i>Aerospace & Defence</i>
2,36854e-06	NAVISTAR INTERNATIONAL	<i>Commercial Vehicles & Trucks</i>

Contributions relatives défenses à l'intégration :

Scores	Entreprises	Industries
0,000782824	ALLIANT TECHSYSTEMS	<i>Aerospace & Defence</i>
0,000405483	AVIO	<i>Aerospace & Defence</i>
0,000215997	BAE SYSTEMS	<i>Aerospace & Defence</i>
0,000158241	BOEING	<i>Aerospace & Defence</i>
0,000129329	LOCKHEED MARTIN	<i>Aerospace & Defence</i>
0,000125413	RAYTHEON	<i>Electronic Equipment</i>

0,000113481	CAE	<i>Aerospace & Defence</i>
9,18419e-05	FINMECCANICA	<i>Aerospace & Defence</i>
7,5818e-05	CHEMRING	<i>Aerospace & Defence</i>
5,54438e-05	COBHAM	<i>Aerospace & Defence</i>
4,70904e-05	EADS	<i>Aerospace & Defence</i>
3,71819e-05	CURTISS-WRIGHT	<i>Aerospace & Defence</i>
2,69099e-05	DASSAULT AVIATION	<i>Aerospace & Defence</i>
2,19772e-05	DIEHL	<i>General Industrials</i>
1,10729e-05	ELBIT SYSTEMS	<i>Aerospace & Defence</i>
8,56137e-06	EMBRAER	<i>Aerospace & Defence</i>
7,18004e-06	ESTERLINE TECHNOLOGIES	<i>Aerospace & Defence</i>
7,12324e-06	HONEYWELL	<i>General Industrials</i>
5,92973e-06	UNITED TECHNOLOGIES	<i>Aerospace & Defence</i>
5,34495e-06	FIAT INDUSTRIAL	<i>Industrial Machinery</i>
3,60215e-06	FINCANTIERI	<i>Commercial Vehicles & Trucks</i>
1,81249e-06	GENCORP	<i>Aerospace & Defence</i>
1,50751e-06	NORTHROP GRUMMAN	<i>Electronic Equipment</i>
1,40384e-06	GENERAL ELECTRIC	<i>General Industrials</i>
1,17935e-06	GENERAL DYNAMICS	<i>Aerospace & Defence</i>
1,13433e-06	HYUNDAI MOTOR	<i>Automobiles & Parts</i>
1,03203e-06	ROLLS-ROYCE	<i>Aerospace & Defence</i>

Contributions relatives défenses à l'asymétrie :

Scores	Entreprises	Industries
16,1493669	ALLIANT TECHSYSTEMS	<i>Aerospace & Defence</i>
11,39359994	EADS	<i>Aerospace & Defence</i>
6,354236301	NORTHROP GRUMMAN	<i>Electronic Equipment</i>
3,037056461	CHEMRING	<i>Aerospace & Defence</i>
1,438789534	UNITED TECHNOLOGIES	<i>Aerospace & Defence</i>
0,696196298	HONEYWELL	<i>General Industrials</i>
0,582766156	NEXTER	<i>Aerospace & Defence</i>
0,422610412	ESTERLINE TECHNOLOGIES	<i>Aerospace & Defence</i>
0,380220589	HYUNDAI MOTOR	<i>Automobiles & Parts</i>
0,373407171	BOEING	<i>Aerospace & Defence</i>
0,352323187	RHEINMETALL	<i>Automobiles & Parts</i>
0,238037196	GENERAL ELECTRIC	<i>General Industrials</i>
0,093436956	HARRIS	<i>Telecommunications Equipment</i>
0,086603563	SIEMENS	<i>Electrical Components & Equipment</i>
0,081952241	MITSUBISHI HEAVY	<i>General Industrials</i>
0,073478011	THALES	<i>Aerospace & Defence</i>
0,013743973	CURTISS-WRIGHT	<i>Aerospace & Defence</i>
0,008753632	GENERAL DYNAMICS	<i>Aerospace & Defence</i>
0,005401342	THYSSENKRUPP	<i>Industrial Metals & Mining</i>
0,004868618	ULTRA ELECTRONICS	<i>Aerospace & Defence</i>

0,004015723	MTU AERO ENGINES	<i>Aerospace & Defence</i>
0,003388487	ELBIT SYSTEMS	<i>Aerospace & Defence</i>
0,003263537	L-3 COMMUNICATIONS	<i>Aerospace & Defence</i>
0,002408253	IAI	<i>Aerospace & Defence</i>
0,001989532	GKN	<i>Automobiles & Parts</i>
0,001814284	DIEHL	<i>General Industrials</i>
0,000814913	SAMSUNG TECHWIN	<i>Consumer Electronics</i>
0,000702889	NEC	<i>Computer Services</i>
0,000518127	KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES	<i>General Industrials</i>
0,000510335	IHI	<i>Industrial Machinery</i>
0,000485072	ROCKWELL COLLINS	<i>Aerospace & Defence</i>
0,000416878	KONGSBERG GRUPPEN	<i>Aerospace & Defence</i>
0,000378753	MOOG	<i>Aerospace & Defence</i>
0,000312778	OSHKOSH	<i>Commercial Vehicles & Trucks</i>
0,000300203	COBHAM	<i>Aerospace & Defence</i>
0,000291526	HEWLETT-PACKARD	<i>Computer Hardware</i>
0,000235489	MEGGITT	<i>Aerospace & Defence</i>
0,000210672	ITT	<i>General Industrials</i>
0,00018125	EMBRAER	<i>Aerospace & Defence</i>
0,00017073	ZODIAC AEROSPACE	<i>Aerospace & Defence</i>
2,83346e-05	AVIO	<i>Aerospace & Defence</i>
2,45697e-05	DASSAULT AVIATION	<i>Aerospace & Defence</i>
2,30645e-05	INDUSTRIA DE TURBO PROPULSOIRES	<i>Aerospace & Defence</i>
-2,79701e-06	MITSUBISHI ELECTRIC	Electrical Components & Equipment
-0,00013003	SAAB	<i>Aerospace & Defence</i>
-0,00015690	TRIUMPH	<i>Aerospace & Defence</i>
-0,00017315	TELEDYNE TECHNOLOGIES	<i>Aerospace & Defence</i>
-0,00025964	ORBITAL SCIENCES	<i>Aerospace & Defence</i>
-0,00028757	GENCORP	<i>Aerospace & Defence</i>
-0,00098430	BAE SYSTEMS	<i>Aerospace & Defence</i>
-0,00131284	JFE	<i>Industrial Metals & Mining</i>
-0,00769537	TEXTRON	<i>Aerospace & Defence</i>
-0,07363844	QINETIQ	<i>Business Support Services</i>
-0,09925665	LOCKHEED MARTIN	<i>Aerospace & Defence</i>
-0,11921471	ROLLS-ROYCE	<i>Aerospace & Defence</i>
-0,22211181	SAFRAN	<i>Aerospace & Defence</i>
-1,53591455	FINMECCANICA	<i>Aerospace & Defence</i>
-1,74190230	RAYTHEON	<i>Electronic Equipment</i>

Contributions relatives civiles à l'autosuffisance :

Scores	Entreprises	Industries
0,017771497	PACIFIC BIOSCIENCES OF CALIFORNIA	<i>Biotechnology</i>

0,012580591	BAYER	<i>Pharmaceuticals</i>
0,011623418	NXP SEMICONDUCTORS	<i>Semiconductors</i>
0,010406917	ATMI	<i>Semiconductors</i>
0,009607773	VALEANT PHARMACEUTICALS	<i>Pharmaceuticals</i>
0,009325131	RENESAS	<i>Electronic Equipment</i>
0,008782535	TOSHIBA	<i>General Industrials</i>
0,008153282	ALLIANT TECHSYSTEMS	<i>Aerospace & Defence</i>
0,00737839	ASML HOLDING	<i>Semiconductors</i>
0,007242719	DENSO	<i>Automobiles & Parts</i>
0,006734642	MURATA MANUFACTURING	<i>Electronic Equipment</i>
0,005081734	ZTE	<i>Telecommunications Equipment</i>
0,004722324	SAMSUNG ELECTRONICS	<i>Electronic Equipment</i>
0,004512297	TAIWAN SEMICONDUCTOR	<i>Semiconductors</i>
0,003812469	IBM	<i>Computer Services</i>
0,002995347	CONTINENTAL	<i>Automobiles & Parts</i>
0,002844851	RESEARCH IN MOTION	<i>Telecommunications Equipment</i>
0,002844816	JOHNSON & JOHNSON	<i>Pharmaceuticals</i>
0,002803951	KAO	<i>Personal Goods</i>
0,002785767	RAYTHEON	<i>Electronic Equipment</i>
0,002755048	NITTO DENKO	<i>Chemicals</i>
0,002749602	MACRONIX INTERNATIONAL	<i>Semiconductors</i>
0,002681849	BASF	<i>Chemicals</i>
0,002560247	DOW CHEMICAL	<i>Chemicals</i>
0,002510616	ABB	<i>Industrial Machinery</i>
0,002424019	EBERSPAECHER	<i>Automobiles & Parts</i>
0,002338503	DSM	<i>Chemicals</i>
0,002281149	ABBOTT LABORATORIES	<i>Pharmaceuticals</i>
0,002117443	UNITED TECHNOLOGIES	<i>Aerospace & Defence</i>
0,00203155	SIEMENS	<i>Electrical Components & Equipment</i>
0,001977	COVIDIEN	<i>Health Care Equipment & Services</i>
0,001858126	ERICSSON	<i>Telecommunications Equipment</i>
0,001801323	HYUNDAI MOTOR	<i>Automobiles & Parts</i>
0,00165176	BROADCOM	<i>Semiconductors</i>
0,001635558	CSR UK	<i>Telecommunications Equipment</i>
0,001502231	ILLINOIS TOOL WORKS	<i>Industrial Machinery</i>
0,001424022	OPEN TEXT	<i>Software</i>
0,00141752	SCOTTS MIRACLE-GRO	<i>Chemicals</i>
0,001415788	BE AEROSPACE	<i>Aerospace & Defence</i>
0,001280879	TOYOTA MOTOR	<i>Automobiles & Parts</i>
0,001195335	LIFE TECHNOLOGIES	<i>Biotechnology</i>
0,001166592	SHARP	<i>Electronic Equipment</i>
0,001119544	GENERAL ELECTRIC	<i>General Industrials</i>
0,001072686	SEAGATE TECHNOLOGY	<i>Computer Hardware</i>
0,001045104	FINMECCANICA	<i>Aerospace & Defence</i>
0,001039348	PANTECH	<i>Telecommunications Equipment</i>

0,001035925	VERTEX PHARMACEUTICALS	<i>Biotechnology</i>
0,001007167	MICROSOFT	<i>Software</i>
0,000977786	NESTLE	<i>Food Producers</i>
0,000962541	GENERAL MOTORS	<i>Automobiles & Parts</i>
0,000955834	SAINT-GOBAIN	<i>Construction & Materials</i>
0,000927161	YOKOHAMA RUBBER	<i>Automobiles & Parts</i>
0,000926024	MITSUBISHI HEAVY	<i>General Industrials</i>
0,000873737	ALLISON TRANSMISSION	<i>Software</i>
0,000864131	COLOPLAST	<i>Health Care Equipment & Services</i>
0,000851623	HITACHI	<i>Electrical Components & Equipment</i>
0,000850549	MICRON TECHNOLOGY	<i>Semiconductors</i>
0,000808372	FUJIFILM	<i>Electronic Equipment</i>
0,000794393	TOKYO ELECTRON	<i>Semiconductors</i>
0,000777059	HON HAI PRECISION INDUSTRY	<i>Electronic Equipment</i>
0,000752256	RED HAT	<i>Software</i>
0,00074635	BOSTON SCIENTIFIC	<i>Health Care Equipment & Services</i>
0,00072331	MITSUBISHI CHEMICAL	<i>Chemicals</i>
0,000712185	HONDA MOTOR	<i>Automobiles & Parts</i>
0,000701363	KNORR-BREMSE	<i>Industrial Machinery</i>
0,000669964	TDK	<i>Electronic Equipment</i>
0,00066846	TESSERA TECHNOLOGIES	<i>Semiconductors</i>
0,000665212	MEDTRONIC	<i>Health Care Equipment & Services</i>
0,000661773	NORTHROP GRUMMAN	<i>Electronic Equipment</i>
0,000615088	FACEBOOK	<i>Internet</i>
0,000600124	ROLLS-ROYCE	<i>Aerospace & Defence</i>
0,000561692	CORNING	<i>Telecommunications Equipment</i>
0,000559534	SANOVI-AVENTIS	<i>Pharmaceuticals</i>
0,000545237	SONY	<i>Leisure Goods</i>
0,000536204	LG	<i>Electronic Equipment</i>
0,00050995	TAKEDA PHARMACEUTICAL	<i>Pharmaceuticals</i>
0,000490091	SAFRAN	<i>Aerospace & Defence</i>
0,000467682	QUALCOMM	<i>Telecommunications Equipment</i>
0,000442849	HYNIX SEMICONDUCTOR	<i>Semiconductors</i>
0,000441669	FUJITSU	<i>Computer Services</i>
0,000433747	STMICROELECTRONICS	<i>Semiconductors</i>
0,000429686	WESTERN DIGITAL	<i>Computer Hardware</i>
0,000428759	PANASONIC	<i>Leisure Goods</i>
0,000410289	COMMVAULT SYSTEMS	<i>Software</i>
0,000397189	HUAWEI	<i>Telecommunications Equipment</i>
0,000368138	NEXTER	<i>Aerospace & Defence</i>
0,000367938	NTT	<i>Fixed Line Telecommunications</i>
0,000360333	KRONES	<i>Industrial Machinery</i>
0,000356184	LOCKHEED MARTIN	<i>Aerospace & Defence</i>
0,00035478	NISSAN MOTOR	<i>Automobiles & Parts</i>
0,000348851	BRISTOL-MYERS SQUIBB	<i>Pharmaceuticals</i>

0,00034144	RHEINMETALL	<i>Automobiles & Parts</i>
0,000341119	AMARIN	<i>Biotechnology</i>
0,000337964	ISIS PHARMACEUTICALS	<i>Biotechnology</i>
0,000329219	GENTHERM	<i>Automobiles & Parts</i>
0,000328958	HONEYWELL	<i>General Industrials</i>
0,000312575	NOVARTIS	<i>Pharmaceuticals</i>
0,000311517	ECOLAB	<i>Chemicals</i>
0,000308187	OMRON	<i>Electronic Equipment</i>
0,000298705	AJINOMOTO	<i>Food Producers</i>

Contributions relatives civiles à l'intégration :

Scores	Entreprises	Industries
0,000202749	SAMSUNG ELECTRONICS	<i>Electronic Equipment</i>
9,67254e-05	RESEARCH IN MOTION	<i>Telecommunications Equipment</i>
8,26645e-05	IBM	<i>Computer Services</i>
8,06007e-05	BASF	<i>Chemicals</i>
8,04959e-05	BAYER	<i>Pharmaceuticals</i>
5,29495e-05	FUJIFILM	<i>Electronic Equipment</i>
4,5711e-05	TOSHIBA	<i>General Industrials</i>
4,56622e-05	COVIDIEN	<i>Health Care Equipment & Services</i>
4,25399e-05	ABB	<i>Industrial Machinery</i>
4,1909e-05	MARVELL TECHNOLOGY	<i>Semiconductors</i>
4,11832e-05	SANOVI-AVENTIS	<i>Pharmaceuticals</i>
3,90376e-05	SHARP	<i>Electronic Equipment</i>
3,7936e-05	HON HAI PRECISION INDUSTRY	<i>Electronic Equipment</i>
3,49317e-05	JOHNSON & JOHNSON	<i>Pharmaceuticals</i>
3,4736e-05	MITSUMI ELECTRIC	<i>Semiconductors</i>
3,38538e-05	DOW CHEMICAL	<i>Chemicals</i>
3,36175e-05	HITACHI	<i>Electrical Components & Equipment</i>
3,34738e-05	LENOVO	<i>Computer Hardware</i>
3,26726e-05	DENSO	<i>Automobiles & Parts</i>
2,97875e-05	TAIWAN SEMICONDUCTOR	<i>Semiconductors</i>
2,57472e-05	FUJITSU	<i>Computer Services</i>
2,50364e-05	NOVARTIS	<i>Pharmaceuticals</i>
2,38495e-05	HUAWEI	<i>Telecommunications Equipment</i>
2,21504e-05	BOSTON SCIENTIFIC	<i>Health Care Equipment & Services</i>
2,19718e-05	UNITED TECHNOLOGIES	<i>Aerospace & Defence</i>
2,10996e-05	BOEHRINGER INGELHEIM	<i>Pharmaceuticals</i>
2,09415e-05	FUNAI ELECTRIC	<i>Electronic Equipment</i>
2,04662e-05	ABBOTT LABORATORIES	<i>Pharmaceuticals</i>
2,0462e-05	TOYOTA MOTOR	<i>Automobiles & Parts</i>
2,02082e-05	HONDA MOTOR	<i>Automobiles & Parts</i>
1,99342e-05	GENERAL ELECTRIC	<i>General Industrials</i>

1,88599e-05	SOITEC	<i>Semiconductors</i>
1,79435e-05	ROBERT BOSCH	<i>Automobiles & Parts</i>
1,7296e-05	SEAGATE TECHNOLOGY	<i>Computer Hardware</i>
1,68995e-05	PANASONIC	<i>Leisure Goods</i>
1,68889e-05	ROCHE	<i>Pharmaceuticals</i>
1,68734e-05	GENERAL MOTORS	<i>Automobiles & Parts</i>
1,63751e-05	SAP	<i>Software</i>
1,52105e-05	MICRON TECHNOLOGY	<i>Semiconductors</i>
1,50285e-05	CARL ZEISS	<i>Health Care Equipment & Services</i>
1,49144e-05	SYNGENTA	<i>Chemicals</i>
1,46907e-05	RENESAS	<i>Electronic Equipment</i>
1,46115e-05	OPEN TEXT	<i>Software</i>
1,40774e-05	SONY	<i>Leisure Goods</i>
1,33459e-05	MURATA MANUFACTURING	<i>Electronic Equipment</i>
1,17444e-05	BROADCOM	<i>Semiconductors</i>
1,13179e-05	SIEMENS	<i>Electrical Components & Equipment</i>
1,09549e-05	LG	<i>Electronic Equipment</i>
1,08394e-05	TEVA PHARMACEUTICAL INDUSTRIES	<i>Pharmaceuticals</i>
1,07376e-05	OLYMPUS	<i>Health Care Equipment & Services</i>
1,00839e-05	NITTO DENKO	<i>Chemicals</i>
9,48354e-06	MEDTRONIC	<i>Health Care Equipment & Services</i>
9,34118e-06	HYNIX SEMICONDUCTOR	<i>Semiconductors</i>
9,25634e-06	ZF	<i>Automobiles & Parts</i>
8,92524e-06	EADS	<i>Aerospace & Defence</i>
8,87227e-06	HYUNDAI MOTOR	<i>Automobiles & Parts</i>
8,35352e-06	BE AEROSPACE	<i>Aerospace & Defence</i>
8,31063e-06	PEUGEOT (PSA)	<i>Automobiles & Parts</i>
8,10846e-06	INGERSOLL-RAND	<i>Industrial Machinery</i>
7,99263e-06	GRAMMER	<i>Automobiles & Parts</i>
7,94264e-06	SHANGHAI ELECTRIC	<i>Industrial Machinery</i>
7,82411e-06	NOKIA	<i>Telecommunications Equipment</i>
7,52004e-06	TECHTRONIC INDUSTRIES	<i>Electrical Components & Equipment</i>
7,51069e-06	MICROSOFT	<i>Software</i>
7,23301e-06	SAINT-GOBAIN	<i>Construction & Materials</i>
7,09416e-06	VOLKSWAGEN	<i>Automobiles & Parts</i>
6,79137e-06	MITSUBISHI CHEMICAL	<i>Chemicals</i>
6,75745e-06	KNORR-BREMSE	<i>Industrial Machinery</i>
6,38197e-06	SAMSUNG DISPLAY	<i>Electronic Equipment</i>
6,367e-06	INFINEON TECHNOLOGIES	<i>Semiconductors</i>
6,23199e-06	HAGER	<i>Industrial Machinery</i>
6,18938e-06	WACKER CHEMIE	<i>Chemicals</i>
5,81471e-06	TOKYO ELECTRON	<i>Semiconductors</i>
5,50477e-06	DELPHI	<i>Automobiles & Parts</i>
5,31552e-06	NXP SEMICONDUCTORS	<i>Semiconductors</i>
4,89519e-06	AISIN SEIKI	<i>Automobiles & Parts</i>

4,59934e-06	ARKEMA	<i>Chemicals</i>
4,49858e-06	ALLIANT TECHSYSTEMS	<i>Aerospace & Defence</i>
4,27889e-06	WACKER NEUSON	<i>Industrial Machinery</i>
4,25823e-06	FREESCALE	<i>Semiconductors</i>
4,16416e-06	STMICROELECTRONICS	<i>Semiconductors</i>
4,07429e-06	ASTRAZENECA	<i>Pharmaceuticals</i>
3,87119e-06	TYCO ELECTRONICS	<i>Electrical Components & Equipment</i>
3,85941e-06	VALEO	<i>Automobiles & Parts</i>
3,66709e-06	DAIMLER	<i>Automobiles & Parts</i>
3,66584e-06	KRONES	<i>Industrial Machinery</i>
3,6549e-06	ASML HOLDING	<i>Semiconductors</i>
3,64951e-06	PACIFIC BIOSCIENCES OF CALIFORNIA	<i>Biotechnology</i>
3,61871e-06	EBARA	<i>Industrial Machinery</i>
3,61707e-06	CORNING	<i>Telecommunications Equipment</i>
3,57898e-06	ALPS ELECTRIC	<i>Electronic Equipment</i>
3,565e-06	ALCATEL-LUCENT	<i>Telecommunications Equipment</i>
3,53e-06	SHIN-ETSU CHEMICAL	<i>Chemicals</i>
3,42748e-06	HONEYWELL	<i>General Industrials</i>
3,39543e-06	QUALCOMM	<i>Telecommunications Equipment</i>
3,38786e-06	ROLLS-ROYCE	<i>Aerospace & Defence</i>
3,25807e-06	ERICSSON	<i>Telecommunications Equipment</i>
3,25065e-06	MAREL	<i>Industrial Machinery</i>
3,20403e-06	MACRONIX INTERNATIONAL	<i>Semiconductors</i>
3,14423e-06	SMART TECHNOLOGIES	<i>Computer Hardware</i>
2,9626e-06	APPLE	<i>Computer Hardware</i>

Contributions relatives civiles à l'asymétrie :

Scores	Entreprises	Industries
0,697756986	BAYER	<i>Pharmaceuticals</i>
0,559407173	BROADCOM	<i>Semiconductors</i>
0,22318059	RAYTHEON	<i>Electronic Equipment</i>
0,089683971	SAFRAN	<i>Aerospace & Defence</i>
0,084230909	DRESSER RAND	<i>Industrial Machinery</i>
0,05366258	RENESAS	<i>Electronic Equipment</i>
0,037653057	CHECK POINT SOFTWARE TECHNOLOGIES	<i>Software</i>
0,025043921	ROVI	<i>Software</i>
0,017502263	SHINDENGEN ELECTRIC MANUFACTURING	<i>Semiconductors</i>
0,015705669	DAIMLER	<i>Automobiles & Parts</i>
0,013007414	LAIR LIQUIDE	<i>Chemicals</i>
0,010449325	INTEL	<i>Semiconductors</i>
0,009767398	KAO	<i>Personal Goods</i>
0,009421407	QUALCOMM	<i>Telecommunications Equipment</i>

0,008766598	MEDTRONIC	<i>Health Care Equipment & Services</i>
0,003550602	HAMAMATSU PHOTONICS	<i>Electronic Equipment</i>
0,002288066	ILLINOIS TOOL WORKS	<i>Industrial Machinery</i>
0,002171072	ST JUDE MEDICAL	<i>Health Care Equipment & Services</i>
0,001484366	UNIVERSAL DISPLAY	<i>Electronic Equipment</i>
0,001445272	FUNAI ELECTRIC	<i>Electronic Equipment</i>
0,001409531	KIMBERLY-CLARK	<i>Personal Goods</i>
0,00139766	KURARAY	<i>Chemicals</i>
0,001320669	DSM	<i>Chemicals</i>
0,001311205	SEIKO EPSON	<i>Electronic Office Equipment</i>
0,000918761	ACTIVE BIOTECH	<i>Biotechnology</i>
0,000876802	GN STORE NORD	<i>Telecommunications Equipment</i>
0,000833866	SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES	<i>Industrial Machinery</i>
0,000709917	JFE	<i>Industrial Metals & Mining</i>
0,000705921	COMPAL ELECTRONICS	<i>Electronic Equipment</i>
0,000685847	TSUBAKIMOTO CHAIN	<i>Industrial Machinery</i>
0,000633493	ALTERA	<i>Semiconductors</i>
0,000603806	KANEKA	<i>Chemicals</i>
0,000508515	COMTECH TELECOMMUNICATIONS	<i>Telecommunications Equipment</i>
0,000385058	CUMMINS	<i>Commercial Vehicles & Trucks</i>
0,000338265	LOCKHEED MARTIN	<i>Aerospace & Defence</i>
0,000334933	GETINGE	<i>Health Care Equipment & Services</i>
0,000302754	MTU AERO ENGINES	<i>Aerospace & Defence</i>
0,000298355	SUMITOMO BAKELITE	<i>Chemicals</i>
0,00021397	KION	<i>Industrial Machinery</i>
0,000211358	FERRO	<i>Chemicals</i>
0,000184941	TRIMBLE NAVIGATION	<i>Electronic Equipment</i>
0,000145533	BEHR	<i>Automobiles & Parts</i>
0,000117643	SALESFORCE.COM	<i>Software</i>
9,4105e-05	NORITZ	<i>General Industrials</i>
8,47795e-05	NOVA CHEMICALS	<i>Chemicals</i>
6,27331e-05	POSCO	<i>Industrial Metals & Mining</i>
6,02105e-05	TELECOMMUNICATION SYSTEMS	<i>Computer Services</i>
5,71393e-05	CERNER	<i>Software</i>
5,46628e-05	SYNAPTICS	<i>Computer Hardware</i>
4,42762e-05	TRIUMPH	<i>Aerospace & Defence</i>
4,23772e-05	ARRAY BIOPHARMA	<i>Biotechnology</i>
3,0322e-05	DOWA	<i>Mining</i>
2,62325e-05	SEI INVESTMENTS	<i>Financial Services</i>
2,51968e-05	RIGEL PHARMACEUTICALS	<i>Pharmaceuticals</i>
2,13158e-05	DOT HILL SYSTEMS	<i>Computer Hardware</i>
2,0156e-05	COMPUWARE	<i>Software</i>
1,44544e-05	LEXICON PHARMACEUTICALS	<i>Biotechnology</i>

1,43382e-05	MELLANOX TECHNOLOGIES	<i>Semiconductors</i>
1,42095e-05	GEA	<i>Industrial Machinery</i>
1,35081e-05	HILL-ROM	<i>Equity Investment Instruments</i>
1,30031e-05	ICAP	<i>Financial Services</i>
8,92537e-06	COGNEX	<i>Electronic Equipment</i>
7,6842e-06	MEDICINES	<i>Pharmaceuticals</i>
7,34807e-06	LEUZE GESCHAEFTSFUEHRUNGS	<i>Business Support Services</i>
7,01736e-06	WABCO	<i>Automobiles & Parts</i>
4,75031e-06	VINCI	<i>Heavy Construction</i>
4,67368e-06	DIODES	<i>Electronic Equipment</i>
4,45398e-06	SOCIETE GENERALE	<i>Banks</i>
3,91582e-06	HEXCEL	<i>Chemicals</i>
3,0868e-06	OTSUKA	<i>Pharmaceuticals</i>
3,01752e-06	NYSE EURONEXT	<i>Financial Services</i>
2,7543e-06	PALO ALTO NETWORKS	<i>Computer Services</i>
2,39938e-06	PERRIGO	<i>Pharmaceuticals</i>
1,33794e-06	AISAN	<i>Automobiles & Parts</i>
1,23984e-06	HEICO	<i>Aerospace & Defence</i>
1,17586e-06	ARCELORMITTAL	<i>Industrial Metals & Mining</i>
1,09399e-06	KPN	<i>Fixed Line Telecommunications</i>
-1,01885e-06	LINTEC	<i>Paper</i>
-1,03345e-06	NOBEL BIOCARE	<i>Health Care Equipment & Services</i>
-1,04571e-06	MAKHTESHIM AGAN INDUSTRIES	<i>Specialty Chemicals</i>
-1,06076e-06	SOPHOS	<i>Software</i>
-1,07493e-06	GLENMARK PHARMACEUTICALS	<i>Pharmaceuticals</i>
-1,07586e-06	ALI	<i>Semiconductors</i>
-1,12089e-06	NIHON NOHYAKU	<i>Chemicals</i>
-1,23356e-06	TAKASAGO INTERNATIONAL	<i>Chemicals</i>
-1,24278e-06	AVIAT NETWORKS	<i>Telecommunications Equipment</i>
-1,25262e-06	COTY	<i>Personal Products</i>
-1,27771e-06	TELIASONERA	<i>Fixed Line Telecommunications</i>
-1,28791e-06	WEBSense	<i>Software</i>
-1,29546e-06	TOMTOM	<i>Electronic Equipment</i>
-1,31966e-06	WINBOND ELECTRONICS	<i>Semiconductors</i>
-1,3485e-06	EPIZYME	<i>Biotechnology</i>
-1,3916e-06	SEIKAGAKU	<i>Pharmaceuticals</i>
-1,4126e-06	ADVA	<i>Telecommunications Equipment</i>
-1,41931e-06	VAILLANT	<i>Industrial Machinery</i>
-1,4791e-06	NEUSTAR	<i>Computer Services</i>
-1,49312e-06	IMPAX LABORATORIES	<i>Pharmaceuticals</i>
-1,56238e-06	KCC	<i>Building Materials & Fixtures</i>
-1,5732e-06	LISI	<i>Industrial Machinery</i>
-0,29226050	NOKIA	<i>Telecommunications Equipment</i>

-0,33552131	FUJITSU	<i>Computer Services</i>
-0,34973157	HONDA MOTOR	<i>Automobiles & Parts</i>
-0,35326457	HON HAI PRECISION INDUSTRY	<i>Electronic Equipment</i>
-0,35432490	CONTINENTAL	<i>Automobiles & Parts</i>
-0,36266894	TOYOTA MOTOR	<i>Automobiles & Parts</i>
-0,36763010	BOREALIS	<i>Chemicals</i>
-0,39413695	UNITED TECHNOLOGIES	<i>Aerospace & Defence</i>
-0,40668278	OPEN TEXT	<i>Software</i>
-0,44866707	IBM	<i>Computer Services</i>
-0,45842104	JOHNSON & JOHNSON	<i>Pharmaceuticals</i>
-0,46994205	ROBERT BOSCH	<i>Automobiles & Parts</i>
-0,49595496	OLYMPUS	<i>Health Care Equipment & Services</i>
-0,53642856	ABB	<i>Industrial Machinery</i>
-0,55137651	SUMITOMO CHEMICAL	<i>Chemicals</i>
-0,58358542	ZTE	<i>Telecommunications Equipment</i>
-0,62312878	MICRON TECHNOLOGY	<i>Semiconductors</i>
-0,77397930	MITSUMI ELECTRIC	<i>Semiconductors</i>
-0,80580791	ALLIANT TECHSYSTEMS	<i>Aerospace & Defence</i>
-0,81971965	LG	<i>Electronic Equipment</i>
-0,98755415	SEAGATE TECHNOLOGY	<i>Computer Hardware</i>
-1,06972011	ROCHE	<i>Pharmaceuticals</i>
-1,14946645	MARVELL TECHNOLOGY	<i>Semiconductors</i>
-1,28505240	NOVARTIS	<i>Pharmaceuticals</i>
-1,36996654	VOLKSWAGEN	<i>Automobiles & Parts</i>
-1,38014361	COVIDIEN	<i>Health Care Equipment & Services</i>
-2,81213092	SAMSUNG ELECTRONICS	<i>Electronic Equipment</i>
-2,81559727	SHARP	<i>Electronic Equipment</i>
-2,82125159	FUJIFILM	<i>Electronic Equipment</i>
-3,31758753	SANOFI-AVENTIS	<i>Pharmaceuticals</i>
-3,75713120	RESEARCH IN MOTION	<i>Telecommunications Equipment</i>
-4,89792619	BASF	<i>Chemicals</i>
-5,67003977	BOEHRINGER INGELHEIM	<i>Pharmaceuticals</i>

Indicateur 1 : Dualité du cœur technologique

Le cœur technologique représente les liaisons fortes d'un environnement de connaissances reliant l'ensemble des technologies d'un SCT. Sa stabilité exprime la permanence des liaisons fortes quel que soit l'environnement de connaissances considéré. Soit une stabilité du système technologique entre les environnements. Pour un SCT, elle peut être mesurée par **le rapport entre le nombre de liaisons technologiques du cœur communes à deux environnements sur le nombre total de liaisons technologiques du cœur.**

Formule :

Soit \mathcal{A}_s^i l'ensemble des $n - 1$ liaisons technologiques du cœur $\{t_1 \dots t_n\}$ présentes dans l'architecture du SCT_s relativement à l'environnement $i \equiv \{D, G\}$ où D est l'environnement de connaissances des entreprises AAD et G l'environnement de connaissances global.

Alors, \forall_s :

$$ID_1 = \frac{\#(\mathcal{A}_s^D \cap \mathcal{A}_s^G)}{n - 1}$$

Ainsi, pour un SCT, plus les combinaisons technologiques sont réalisées de la même manière dans l'environnement de connaissances des entreprises AAD et dans l'environnement de connaissances global, plus la stabilité du cœur est forte. Autrement dit, la forte stabilité du cœur technologique d'un SCT indique une architecture de connaissances qui repose sur un cœur technologique commun traduisant un même paradigme technologique et donc, **une dualité du cœur technologique.**

Indicateur 2 : Dualité d'architecture de connaissances

L'architecture de connaissances représente la manière dont les connaissances sont articulées entre elles. Sa diffusion exprime une similitude dans l'articulation des

connaissances quel que soit l'environnement de connaissances considéré. Pour un SCT, elle peut être mesurée par **le rapport des cohérences concrètes relatives à deux environnements.**

Formule :

Soit CO_s^i la cohérence observée du SCT_s dans l'environnement $i \equiv \{D, G\}$ où D est l'environnement de connaissances des entreprises AAD et G l'environnement de connaissances global.

Alors, \forall_s :

$$ID_2 = \frac{CO_s^G}{CO_s^D}$$

Ainsi, pour un SCT, moins son architecture de connaissances est spécifique aux entreprises AAD, plus sa cohérence concrète au sein de l'environnement de connaissances des entreprises AAD représente une faible portion de celle à l'intérieur de l'environnement de connaissances global. Cela signifie que son architecture de connaissances se retrouve en dehors des entreprises AAD ce qui dénote d'une non spécificité défensive dans son architecture de connaissances. Autrement dit, la faiblesse de la cohérence concrète d'un SCT dans l'environnement de connaissances des entreprises AAD vis-à-vis de l'environnement de connaissances global indique une non spécificité de son architecture de connaissances et donc, une **dualité d'architecture de connaissances.**

Indicateur 3 : Dualité d'exploration

L'exploration représente l'architecture de connaissances qui ne relève pas du cœur technologique de l'environnement de connaissances auquel il se rapporte. Une forte exploration indique une architecture de connaissances qui ne repose pas sur le cœur technologique de l'environnement considéré. Pour un SCT, elle peut être mesurée par **le ratio d'exploration relatif à un environnement.**

Formule :

Soit CO_s^D la cohérence observée, CT_s^D la cohérence totale et CC_s^D la cohérence du cœur du SCT_s dans l'environnement de connaissance des entreprises AAD.

Alors, \forall_s :

$$ID_3 = \frac{CC_s^D - CO_s^D}{CC_s^D - CT_s^D}$$

Ainsi, pour un SCT, plus son architecture de connaissances ne relève pas du cœur technologique des entreprises AAD, plus son score d'exploration est élevé dans cet environnement. Autrement dit, un ratio d'exploration élevé au sein du SCT indique une architecture de connaissances qui ne repose pas sur des liaisons fortes spécifiques aux entreprises AAD et donc, **une dualité d'exploration**.

Indicateur 4 : Dualité d'exploration combinée

L'exploration combinée représente l'exploration dans l'architecture de connaissance commune à deux environnements. Une forte exploration combinée indique un niveau de flexibilité dans l'architecture de connaissances proche dans les deux environnements qui peut s'interpréter comme un niveau de stabilité similaire du paradigme technologique. Pour un SCT, ce niveau peut être mesuré par **le rapport des ratios d'exploration relatifs à deux environnements**.

Formule :

Soit CO_s^i la cohérence observée, CT_s^i la cohérence totale et CC_s^i la cohérence du cœur du SCT_s dans l'environnement $i = \{D, G\}$ permettant de calculer le ratio d'exploration du SCT_s au sein de l'environnement de défense.

Alors, \forall_s :

$$ID_4 = \frac{(CC_s^D - CO_s^D)/(CC_s^D - CT_s^D)}{(CC_s^G - CO_s^G)/(CC_s^G - CT_s^G)}$$

Ainsi, pour un SCT, plus son architecture de connaissances ne relevant pas du cœur technologique des entreprises AAD représente une part importante de son architecture de connaissances ne relevant pas du cœur technologique global, plus son score d'exploration dans l'environnement de connaissances des entreprises AAD représente une part importante de son score dans l'environnement de connaissances global. Autrement dit, un ratio d'exploration dans l'environnement de connaissances des entreprises AAD proche du ratio d'exploration dans l'environnement de connaissances global indique une architecture de connaissances peu contrainte par les liaisons fortes spécifiques aux entreprises AAD et donc, **une dualité d'exploration combinée.**

Indicateur 5 : Dualité de brique de connaissance isolée

La brique de connaissance isolée représente une technologie dont l'intégration ne dépend pas du cœur technologique d'un environnement de connaissances. Une brique de connaissance pareillement isolée dans un environnement de connaissances restreint et dans l'environnement de connaissances global indique que son intégration n'a pas nécessité le développement spécifique d'une architecture de connaissances propre au cœur technologique de l'environnement de connaissances restreint. Pour un SCT, ce niveau peut être mesuré par **le rapport du ratio de distinction dans l'environnement de connaissances restreint sur le ratio de distinction dans l'environnement global.**

Formule :

Soit CE_s^D la cohérence des liaisons technologiques concrètes auxquelles sont ajoutées les liaisons avec les technologies du cœur qui ne sont pas exploitées. A l'aide des éléments, précédemment définis, il est possible de calculer le ratio de distinction relatif aux deux environnements au sein du SCT_s .

Alors, \forall_s :

$$ID_5 = \frac{(CE_s^D - CO_s^D)/(CC_s^D - CT_s^D)}{(CE_s^G - CO_s^G)/(CC_s^G - CT_s^G)}$$

Ainsi, Pour un SCT, moins il internalise de liaisons fortes propres aux entreprises AAD dans son architecture de connaissances, plus la distinction dans l'environnement de connaissances des entreprises AAD est proche de la distinction dans l'environnement de connaissances global. Autrement dit, les briques de connaissances sont intégrées sans pour autant reposer sur une architecture de connaissances propre au cœur technologique des entreprises AAD ce qui constitue un indicateur de **dualité de briques de connaissance isolée**.

Afin de mesurer une hiérarchie entre les SCT tous les indicateurs de la dualité sont normalisés entre 0 et 1. Ils forment ainsi un ensemble d'échelles de la dualité.

Formule :

$$D_i = \frac{(ID_i) - \min (ID_i)}{\max (ID_i) - \min (ID_i)}$$

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : LES QUATRE PRINCIPAUX TYPES DE TRANSFERT.....	36
FIGURE 2 : LE CYCLE TECHNOLOGIQUE ET LE POTENTIEL DUAL.....	46
FIGURE 3 : LE CARRE ORGANIQUE DE LA VALORISATION DE LA RECHERCHER MILITAIRE.....	58
FIGURE 4: TAXONOMIE DE LA DUALITE	67
FIGURE 5 : LE SYSTEME DUAL D'INNOVATION.....	79
FIGURE 6: LE SYSTEME TECHNOLOGIQUE	92
FIGURE 7 : MATRICE DE FLUX OU DE COOCCURRENCE TECHNOLOGIQUE	111
FIGURE 8 : REPARTITION INITIALE DES CONNAISSANCES	112
FIGURE 9 : BRIQUES DE CONNAISSANCES PARTAGEES ET SPECIFIQUES	113
FIGURE 10 : POTENTIEL DE DIFFUSION DE LA CONNAISSANCE.....	114
FIGURE 11 : DIFFUSION ET PROXIMITE DE CONNAISSANCES : ECHELLE DE LA DUALITE TECHNOLOGIQUE.....	133
FIGURE 12 : LA PONDERATION D'UN GRAPHE.....	148
FIGURE 13 : LES INDICATEURS STRUCTURAUX (1)	153
FIGURE 14 : LES INDICATEURS STRUCTURAUX (2)	155
FIGURE 15 : LES INDICATEURS STRUCTURAUX (3)	156
FIGURE 16 : LES INDICATEURS STRUCTURAUX (4)	157
FIGURE 17 : LE DETERMINANT DES SOUS MATRICES (1).....	158
FIGURE 18 : LE DETERMINANT DES SOUS MATRICES (2).....	160
FIGURE 19 : REPRESENTATION DE LA STRUCTURE D'UN BREVET	162
FIGURE 20 : MATRICE DES FLUX TECHNOLOGIQUES DES ENTREPRISES AYANT UNE ACTIVITE DE DEFENSE	164

FIGURE 21 : REPRESENTATION DES COUCHES DE LA MATRICE DES FLUX TECHNOLOGIQUES.....	166
FIGURE 22 : LE CALCUL DES MARGES	170
FIGURE 23 : MATRICE DE DISTANCE	175
FIGURE 24 : PORTION DE DENDROGRAMME.....	175
FIGURE 25 : LES FAMILLES DE BREVETS.....	192
FIGURE 26 : LA MATRICE DE COOCCURRENCE	193
FIGURE 27 : EXPLORATION ET EXPLOITATION DANS LA BASE DE CONNAISSANCES D'UNE ENTREPRISE.....	197
FIGURE 28 : EVOLUTION DES SCORES DE COHERENCE MOYENS DES SCT	211
FIGURE 29 : COHERENCES OBSERVEES (1).....	212
FIGURE 30 : COHERENCES OBSERVEES (2).....	214
FIGURE 31 : COHERENCES OBSERVEES (3).....	215
FIGURE 32 : COHERENCES OBSERVEES (4).....	217
FIGURE 33 : ANALYSE EN COMPOSANTE PRINCIPALE : POSITIONNEMENT RELATIF DES SCT.....	219
FIGURE 34 : RANGS ET SCORES DES INDICATEURS DE DUALITE DU SCT 21	220
FIGURE 35 : RANGS ET SCORES DES INDICATEURS DE DUALITE DU SCT 26.....	221
FIGURE 36 : RANGS ET SCORES DES INDICATEURS DE DUALITE DU SCT 22.....	221
FIGURE 37 : RANGS ET SCORES DES INDICATEURS DE DUALITE DU SCT 3.....	222
FIGURE 38 : RANGS ET SCORES DES INDICATEURS DE DUALITE DU SCT 4.....	223
FIGURE 39 : PROFIL 1.....	224
FIGURE 40 : PROFIL 2.....	227
FIGURE 41 : PROFIL 3.....	229
FIGURE 42 : PROFIL 4.....	231

FIGURE 43 : LES SCT CENTRAUX POUR LA SPHERE DE DEFENSE	232
FIGURE 44 : UTILISATION DES CONNAISSANCES POUR UN SCT	240
FIGURE 45 : LA PARTITION ASSOCIEE A L'ANALYSE DU RESEAU EGOCENTRE	243
FIGURE 46 : LA PARTITION DE L'INFLUENCE D'UN SCT (1).....	247
FIGURE 47 : LES MESURES DE L'INFLUENCE (1).....	248
FIGURE 48 : LES MESURES DE L'INFLUENCE (2).....	249
FIGURE 49 : LES MESURES DE L'INFLUENCE (3).....	252
FIGURE 50 : LES MESURES DE L'EGOCENTRICITE (4).....	257
FIGURE 51 : LA CONTRIBUTION DES COUCHES A L'EGOCENTRICITE.....	258
FIGURE 52 : LA CONTRIBUTION A L'EGOCENTRICITE.....	260
FIGURE 53 : INFLUENCE DES 26 SCT DANS L'ENVIRONNEMENT DE CONNAISSANCES GLOBAL.....	272
FIGURE 54 : ACP SUR LES SCORES D'INFLUENCE DES 26 SCT	278
FIGURE 55 : ACP SUR LES SCORES D'INFLUENCE DES 24 SCT AU POTENTIEL DUAL NON RESTREINT.....	280

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : LES FACTEURS DE SUCCES OU D'ECHEC DE LA DUALITE	55
TABLEAU 2 : CADRE ANALYTIQUE : SCOT	94
TABLEAU 3 : LES MESURES DE L'INFLUENCE	150
TABLEAU 4 : LES ARBORESCENCES DU GRAPHE DE LA FIGURE 12	151
TABLEAU 5 : LES GPH DU GRAPHE DE LA FIGURE 12	152
TABLEAU 6 : LES INTERDEPENDANCES DES SOUS-STRUCTURES.....	159
TABLEAU 7 : LES SCT.....	176
TABLEAU 8 : LES STATISTIQUES DE COHERENCE	209
TABLEAU 9 : LES STATISTIQUES DESCRIPTIVES DES MESURES DE LA COHERENCE DE 2010 A 2012 :	210
TABLEAU 10 : STATISTIQUES DESCRIPTIVES DES INDICATEURS DE DUALITE INTERNE.....	218
TABLEAU 11 : LES INDICATEURS PORTANT SUR LE RESEAU EGOCENTRE	249
TABLEAU 12 : LES INDICATEURS PORTANT SUR LES INTERDEPENDANCES INTRA ET INTER-PARTIES.....	256
TABLEAU 13 : LES MESURES DE CONTRIBUTION	261
TABLEAU 14 : LES MESURES DE CONTRIBUTION RELATIVE.....	263
TABLEAU 15 : LES STATISTIQUES D'INFLUENCE DANS L'ENVIRONNEMENT DE CONNAISSANCES GLOBAL.....	270
TABLEAU 16 : LES STATISTIQUES DES CONTRIBUTIONS DE DEFENSE A L'INFLUENCE	270
TABLEAU 17 : LES STATISTIQUES DES CONTRIBUTIONS RELATIVES A L'INFLUENCE DES FIRMES CIVILES.....	271

TABLEAU 18 : LES STATISTIQUES DES CONTRIBUTIONS RELATIVES A L'INFLUENCE DES FIRMES DE DEFENSE	271
TABLEAUX 19 : LES CONTRIBUTIONS DEFENSE A L'INFLUENCE :	276

Innovation technologique duale : une analyse en termes d'influence et de cohérence

Résumé

L'objet de cette thèse est de traiter de l'innovation technologique duale en proposant une approche systémique du concept de dualité et en développant une méthodologie d'évaluation du potentiel dual des technologies. Le travail empirique repose sur l'analyse systématique de la production de connaissances au sein des grandes entreprises ayant une activité de défense. La première partie traite des transferts technologiques entre la sphère civile et la sphère de défense. Le concept de dualité y est abordé au travers du Système Dual d'Innovation (SDI) qui embrasse dans un cadre cohérent l'ensemble des composantes de la dualité (technologique, mais aussi organisationnelle et marchande, etc.). L'étude de la diffusion de la connaissance au sein du SDI permet de mesurer le potentiel dual des technologies. Dans la seconde partie, ce cadre d'analyse est appliqué aux plus grandes entreprises innovantes du domaine de la défense. L'analyse des portefeuilles de brevets de ces firmes révèle des interdépendances qui définissent des ensembles de connaissances synergétiques nommés Systèmes de Connaissances Technologiques (SCT). C'est le potentiel dual des 26 SCT ainsi définis qui est évalué par la suite à l'aide des outils de la cohérence technologique d'une part et ceux de la dominance économique d'autre part.

Mots-clés :

Economie appliquée ; dualité technologique ; innovation ; système de connaissances ; brevet ; théorie des graphes.

Dual technological innovation: an analysis in terms of influence and coherence

Abstract:

The purpose of this thesis is the treatment of technological innovation with a systemic approach of the concept of duality and a methodology for evaluating the dual-use potential of technologies. The empirical work is based on the systematic analysis of the knowledge production within large companies with a defense activity. The first part deals with technological transfers between the civil area and the defense area. The concept of duality is looked through the Dual Innovation System (DIS), which embraces in a coherent framework all the components of duality (technological, but also organizational and market, etc.). The study of knowledge diffusion within the SDI allows the assessment of dual-use potential of technologies. In the second part, this framework of analysis is applied to the largest innovative companies in the field of defense. The analysis of the patent portfolios of these firms reveals the interdependencies that define the synergistic knowledge sets known as Technological Knowledge Systems (TKS). It is the dual-use potential of the 26 SCT as defined, which is subsequently evaluated using technological coherence tools and those of economic dominance.

Keywords:

Applied economics; technological duality; innovation; system of knowledge, patent; graph theory.