

Effet négatif de la proximité cognitive : knowledge spillovers dans l'avionique

Aurélie Beaugency, Damien Talbot

▶ **To cite this version:**

Aurélie Beaugency, Damien Talbot. Effet négatif de la proximité cognitive : knowledge spillovers dans l'avionique. Innovations - Revue d'économie et de management de l'innovation, 2018, 1 (55), pp.223-246. hal-02333217

HAL Id: hal-02333217
https://uca.hal.science/hal-02333217

Submitted on 25 Oct 2019

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.

Effet négatif de la proximité cognitive : knowledge spillovers dans l'avionique

Aurélie Beaugency

Doctorante CIFRE, GRETHA - Université de Bordeaux / Thales Avionics

aurelie.beaugency@u-bordeaux4.fr

Damien Talbot

Professeur des Universités, CRCGM - Université d'Auvergne

damien.talbot@udamail.fr

Innovations, Revue d'économie et de management de l'innovation

2018, vol.°1, n°55, pp. 223-246.

Résumé

Cet article discute de la forte proximité cognitive observée entre acteurs concurrents d'un même secteur, l'avionique. Cette proximité cognitive n'est pas articulée à une proximité organisationnelle puisque les acteurs concurrents ne partagent pas de relations par exemple d'innovation. Dès lors, on observe une diffusion involontaire des connaissances à l'origine de trajectoires technologiques similaires. L'objectif est double : d'une part décrire précisément la proximité cognitive et le transfert involontaire de connaissances et d'autre part expliquer l'existence d'une telle proximité cognitive entre des acteurs non liés par un contrat de coopération et par ailleurs concurrents.Il repose sur l'étude du cas d'acteurs dominants du secteur avionique. La proximité cognitive qu'ils partagent est mesurée selon le niveau de similarité des bases de connaissances des acteurs (comparées sur la base des codes CIB). Pour évaluer l'importance des flux de connaissances entre ces acteurs, nous nous référons aux citations de brevets et aux publications scientifiques. Deux principaux résultats empiriques sont observables : nous démontrons l'existence à la fois d'une proximité cognitive et d'un transfert involontaire de connaissances dans un secteur rarement étudié, l'avionique. D'un point théorique, pour expliquer ces résultats, il est apparu nécessaire de mobiliser à la fois des travaux sur la proximité et évolutionnistes, en insistant sur la nécessité de tenir compte des spécificités sectorielles pour expliquer cette forme proximité cognitive.

Introduction

Les capacités technologiques d'une firme peuvent être définies comme l'ensemble de ses savoir-faire actuels et les savoir-faire et connaissances acquises par le passé. Ces capacités technologiques influencent les trajectoires d'innovation suivies ainsi que celles à venir. Il est ainsi commun de considérer que l'une des sources de différentiation majeure des firmes est constitué par le volume de connaissances accumulées (base de connaissances) et la diversité de ce stock (Dibiaggio et al., 2014). Afin d'assurer leur survie sur un marché, les entreprises font évoluer en permanence ce stock de connaissances, par exploitation de connaissances antérieures, par exploration vers de nouveaux champs de connaissances ou encore par acquisition de connaissances nouvelles (partenariats, fusion/acquisition de firmes ou de portefeuilles d'activité).

Ces mouvements génèrent d'importants flux de connaissances dans les firmes et dans les écosystèmes. Les travaux autour de la compréhension de la distance/proximité cognitive s'attachent à comprendre la genèse de ces flux et leur évolution. Ainsi, un premier axe de recherche se propose d'étudier l'influence de la proximité géographique sur la génération de flux de connaissances entre acteur (Almeida et al, 2003 ; Gilly et Torre, 2000 ; Bathelt, Malmberg et Maskell 2004 ; Boschma, 2005 ; Torre et Rallet, 2005) : en effet, la co-localisation génère des possibilités de contact, de rencontres en vis-à-vis importantes qui favorisent ces transferts. De même, la recherche de partenaire dans le cadre d'activités de recherche et développement s'intéresse en premier lieu aux acteurs situés à proximité. Au-delà de favoriser les flux de connaissances entre acteurs co-localisés, la proximité géographique est à l'origine de clusters spécialisés sur un domaine de compétence, avec le développement de bases de connaissances communes à une localité et une très forte proximité des bases de connaissances des acteurs intervenant dans ce cluster. Ici proximités géographique, cognitive (base commune de connaissances) et organisationnelle (autour d'un projet) se combinent.

Un deuxième axe de recherche s'intéresse aux transferts de connaissances entre acteurs non co-localisés, mais partenaires sur un même marché. La firme peut également chercher à acquérir des connaissances disponibles dans son environnement de façon volontaire par le biais des partenariats de recherche et développement, des fusions-acquisition, des rachats de portefeuilles d'activités ou de brevets, etc. (Pecqueur et Zimmermann, 2004 ; Torre et Rallet, 2005). Ici proximité cognitive et organisationnelle s'articulent afin de contrôler la diffusion de connaissances.

Enfin il existe un troisième axe de recherche, moins étudié par les travaux sur la proximité, qui traite du cas où se construit une proximité cognitive entre des acteurs concurrents, non partenaires, mais appartenant à un même secteur. Ainsi, de nombreux travaux ont mis en exergue que, dans certaines conditions, les firmes concurrentes sur un même secteur peuvent afficher des trajectoires technologiques similaires en raison d'une trop grande proximité de leurs bases de connaissances (Patel et Pavitt, 1997 ; Nesta et Dibiaggio, 2003), en particulier dans le cas d'un haut niveau de spécialisation technologique. Cette trop forte proximité autorise une diffusion involontaire des connaissances (knowledge spillover) (Nooteboom, 2002) qui participe à l'élaboration de ces trajectoires similaires. Ce travail s'inscrit dans cet axe de recherche en décrivant le cas d'acteurs concurrents du secteur avionique qui partagent une forte proximité cognitive à l'origine d'un transfert de connaissances non maîtrisé. C'est le premier objectif de cet article.

Pour autant, il reste à comprendre comment une telle proximité cognitive s'est construite entre des acteurs qui ne sont pas engagés dans des collaborations. Si on peut penser que les effets

de knowledge spillover concourrent aux renforcements e telle proximité une fois celle-ci amorcée, causes et effets s'enchaînant, il reste à expliquer quelles peuvent être les facteurs initiaux qui prélude à sa formation. Le second objectif de ce travail consiste donc à répondre à la question suivante : comment expliquer l'existence d'une proximité cognitive (donc d'un transfert involontaire de connaissances) entre des acteurs non liés par un contrat de coopération, concurrents et distants géographiquement ? Nous proposons pour ce faire de se tourner vers les travaux évolutionnistes. En effet, le régime d'innovation du secteur détermine des caractéristiques communes aux firmes (Grandstrand et al., 1997) qui les inscrivent dans des trajectoires technologiques sectorielles sur lesquelles elles se distinguent par des processus propres d'apprentissage et de gestion des bases de connaissances. Ces travaux évolutionnistes traitant des régimes technologiques suggèrent que des facteurs d'ordre sectoriel agissent sur les conditions d'appropriation des connaissances, la structure des bases de connaissances du secteur et enfin le degré de cumulativité des connaissances dans ces bases conduisant à une convergence de celles-ci (Nelson et Winter, 1982 ; Malerba et Orsenigo, 1993 ; Henderson et Cockburn, 1996).

Ce travail s'organise de la façon suivante : après avoir définit la proximité cognitive dans une première partie, nous montrons dans une deuxième partie d'une part qu'une telle proximité existe entre les principaux acteurs de l'avionique et mettons d'autre part en lumière les transferts de connaissances rendus possibles par cette forte proximité. Nous discutons ensuite dans une troisième partie ces deux principaux résultats en nous penchant vers les travaux évolutionnistes traitant des contingences sectorielles. Enfin, nous concluons.

1. Proximité cognitive et knowledge spillover

La connaissance est au cœur des travaux récents sur la performance des firmes dans un secteur (Dibiaggio et al., 2014) à la fois sous les aspects de production de connaissances (D'Este Cukierman, 2005) et de capacité à acquérir et absorber des connaissances externes et les combiner avec celles détenues (Ahuja et Katila, 2001 ; Fleming, 2001). En effet, chaque firme possède un capital de connaissance qui lui est propre, construit sur un temps long et constitué par l'ensemble des connaissances codifiées (brevets, publications, documents) et non-codifiées (savoirs et savoir-faire détenus par les employés et managers). L'évolution de ce capital s'inscrit dans un schéma généralement routinier (dépendance de sentier) où la firme apprend et développe des connaissances en lien avec ses activités, ses marchés (Thomke et al., 1997) à partir de connaissances et schéma d'innovation qu'elle maitrise et sur lesquels elle capitalise (Cohen et Levinthal, 1990 ; Helfat, 1994). Les travaux menés pour comprendre les dynamiques d'apprentissage et de gestion des connaissances selon les typologies sectorielles (Oltra et Saint Jean, 2009 ; Epicoco et al., 2014 ; Dibiaggio et al., 2014) font émerger le rôle déterminant de la diversité et de la profondeur de la base de connaissance des firmes dans leur performance.

Les travaux de l'Ecole la proximité ont montré que cette base pouvait être similaire à plusieurs firmes. La proximité cognitive met en exergue les différences entre les capacités d'absorption des acteurs du fait notamment de bases de connaissances dissemblables (Mattes, 2012 ; Capello, 2014). Elle renvoie au partage par les acteurs de bases de connaissances, similaires et/ou complémentaires, ouvrant la voie à un transfert de connaissances (Boschma, 2005). Cette proximité est à la fois une opportunité car l'innovation collaborative est conditionnée par l'existence d'une telle proximité (Markusen, 1996). Elle est nécessaire pour que les acteurs puissent absorber de nouvelles connaissances (Cohen et Levinthal, 1990) :

leurs bases cognitives doivent être assez proches des connaissances à acquérir pour les comprendre et les apprendre. Et si chacun va chercher chez son partenaire de nouveaux champs cognitifs pour disposer d'un large champ d'exploration (March, 1991), il faut rester capable de se comprendre mutuellement (Nooteboom, 2004). Les firmes développent alors une capacité d'absorption comprise comme la capacité qu'ont les acteurs de percevoir, d'interpréter et d'évaluer les connaissances détenues par des organisations (Cohen, Levinthal, 1990). Cette capacité a pour objectif de vérifier l'utilité et la valeur de ces connaissances au regard de celles déjà possédées en interne par exemple par une firme (Zahra et George, 2002). Il existe donc une relation positive entre proximité cognitive, capacité d'absorption et transfert de connaissances.

Plus généralement, selon Nooteboom (2004), il est nécessaire de n'être ni trop loin ni trop proche d'un point de vue cognitif afin de permettre l'apparition de nouveautés radicales. Une proximité cognitive excessive conduit à une myopie cognitive, les routines en place empêchant les firmes de saisir les nouvelles opportunités offertes par les technologies émergentes. Et étant entendu que l'innovation est d'abord une affaire de nouvelles combinaisons de connaissances, l'élaboration de connaissances nouvelles suppose des corpus de savoir dissemblables et complémentaires (*related variety*) pour éviter les redondances et faire émerger des idées nouvelles (Boschma et Frenken, 2010). Cassi et Plunket (2014) ont montré qu'une telle proximité agit positivement sur l'innovation jusqu'à un certain seuil au-delà duquel la performance de l'innovation décroît.

Dans le cas où la proximité cognitive joue un effet positif sur le transfert de connaissances, des problèmes de gouvernance apparaissent. Les transferts de connaissances reposent souvent, pour jouer de la complémentarité des connaissances, sur des collaborations entre acteurs variés aux intérêts divergents (grands groupes, PME-PMI, laboratoires publics, universités, etc.) qui peuvent potentiellement entrer en conflit (Nooteboom, 2004). Tout transfert de connaissances comporte trois risques (Williamson, 1985 ; Nooteboom, 2002) :

- premièrement, en cas de rupture de la collaboration, les acteurs perdent les investissements réalisés spécifiquement pour ce transfert ;
- deuxièmement, un comportement opportuniste est toujours possible, un partenaire captant à son seul profit les résultats de l'échange de connaissances (holdup) ;
- troisièmement, les connaissances peuvent se propager de façon involontaire vers les concurrents (knowledge spillover).

Pour contenir ces risques relationnels, il faut développer une proximité organisationnelle qui renvoie au partage de dispositifs, structures ou processus. Elle « […] lie les agents participant à une activité finalisée dans le cadre d'une structure particulière. [...] [Elle] se déploie à l'intérieur des organisations - firmes, établissements, etc. - et, le cas échéant, entre organisations liées par un rapport de dépendance ou d'interdépendance économique ou financière - entre sociétés membres d'un groupe industriel ou financier, au sein d'un réseau, etc. - » (Kirat, Lung, 1995, p. 213). Cette proximité permet d'évaluer le degré d'autonomie juridique et économique existant entre les membres d'une organisation ou entre des organisations. Son existence permet de réduire l'incertitude inhérente à toute relation et l'opportunisme des agents (Boschma, 2005) tout en créant une confiance entre les acteurs proches d'un point de vue organisationnel (Torre et Rallet, 2005). Cela est tout particulièrement vrai dès lors que les acteurs qui collaborent sont issus d'environnements hétérogènes (public vs privé par exemple) (Ponds Van Oort et Frenken, 2007).

En résumé, d'après la littérature proximiste, le transfert de connaissances suppose donc, en particulier pour les organisations qui partagent des savoirs complexes pour réaliser des projets communs, de construire des dispositifs organisationnels de contrôle et de partager des bases de connaissances proches. Or, dans le cas de l'avionique nous observons une telle proximité cognitive entre des acteurs qui ne partagent pas par ailleurs une proximité organisationnelle : des transferts involontaires de connaissances sont alors aussi constatés (knowledge spillover).

2. Données et méthodologie

a. Données

Le secteur avionique a émergé dans les années 1980 suite à l'introduction des premiers systèmes électroniques dans les avions. Le terme avionique désigne ainsi l'ensemble des équipements électroniques produits pour des applications aéronautique et de ce fait, recouvre des champs scientifiques et techniques relevant à la fois des technologies électroniques mais également des applications de destination des systèmes (communication, navigation, surveillance, etc.). Progressivement, la part des systèmes a crû jusqu'à représenter aujourd'hui 30 à 35% des coûts de développement pour un avion civil (A380/350, B787) (Beaugency, 2015). Pour appréhender toute la dimension technologique de la base de connaissances sectorielle, nous avons restreint l'étude aux 5 acteurs majeurs (identifiés Firme 1 à Firme 5 dans ce papier) qui représentent, selon l'étude Décision (2012) plus de 90% des parts de marché. De plus, ces acteurs sont les seuls à être en capacité de réaliser plusieurs des systèmes majeurs et évoluent ainsi au rang de Tiers 1 auprès des avionneurs (Talbot, 2013 ; Gilly et al., 2014 ; Beaugency, 2015).

La production scientifique et technique est généralement évaluée au regard des brevets et publications scientifiques produites par les firmes pour représenter à la fois la composition de leur base de connaissances, son évolution et comprendre sa construction (capitalisation, collaboration). Ils représentent une partie importante de la connaissance codifiée produite et détenue par les firmes. Les brevets sont exploités pour comprendre les trajectoires inventives des firmes (Griliches, 1990 ; OCDE, 2009) avec une appréciation inventive plutôt portée sur les activités de R&D. En raison des coûts (de dépôt, de maintien), les brevets sont le plus souvent détenus par les firmes et mobilisés pour protéger leurs activités inventives par l'octroi d'un droit d'exploitation exclusif limité. A contrario, les publications scientifiques constituent généralement une donnée importante pour représenter la connaissance inventive à un stade très amont (R&T) bien avant le brevet. Elles mettent en valeur la production scientifique des chercheurs dans un domaine scientifique et technique, que ce chercheur appartienne à une firme, une université, un centre de recherche, etc. Plus généralement, la publication scientifique est privilégiée au brevet par les chercheurs académiques pour valoriser leurs résultats pour des raisons de coût (elle peu ou pas coûteuse), de temps (le processus de publication est plus court que celui des brevets).

L'analyse quantitative pour comprendre les dynamiques scientifiques et techniques via l'exploitation des bases de données de brevets et de publications scientifiques présente de nombreux avantages. Ces bases de données sont construites une forme structurée et facilement mobilisable de la connaissance produite sur un secteur, par une firme, sur une technologie, etc (Ernst et al., 2010 ; Flamand, 2016). Cette étude repose sur l'exploitation de

la base de données de brevets Fam Pat, via l'outil Orbit[1]. La base couvre plus de 99 offices de brevets et les brevets sont consolidés en famille, facilitant ainsi l'exclusion des doublons.

Concrètement, en raison de la complexité du secteur avionique et des liens inventifs étroits avec les secteurs aéronautique et électronique (Beaugency, 2015), nous avons favorisé une approche par étude de cas (Yin, 1989) et procédé en deux temps. Dans un premier temps, nous avons mené une étude de cas générale d'après l'observation des dépôts de brevets des 5 acteurs de 1980 à 2012 dans 450 codes de la CIB. À l'issue d'un examen de corpus de brevets pour chaque code par des experts du secteur, 362 codes ont été retenus comme pertinents pour définir le périmètre technique du secteur avionique. Dans un deuxième temps, nous avons élargi aux bases de données de publications scientifiques et comme ces dernières ne présentent pas de classification permettant d'être abordées comme les bases de données de brevet, nous avons recentré sur 3 études de cas portant sur des systèmes (ci-après nommés Systèmes 1 et 2, voir Tableau 1).

Tableau 1 Présentation des cas techniques Système

Étude	**Bornes temporelles**	**Durée totale (mois)**	**Corpus de brevets**	**Période étudiée**
Système 1	Nov 2012 Nov 2013	12	2276	1980-2012
Système 2	Juin 2013 Déc 2014	18	548	1980-2012

Source : Beaugency (2015).

b. Méthode

b.i. Les indicateurs de la proximité

Nous nous inscrivons dans les approches traditionnelles dans la littérature pour appréhender les flux de connaissances entre firmes qui mobilisent les brevets et distinguons deux catégories d'indicateurs :

- la classification internationale des brevets[2]. Le fait d'appartenir à un même secteur d'activité est un indicateur d'une proximité cognitive, car cette appartenance suppose une similarité de connaissances techniques (Nooteboom et al., 2007 ; Boschma et Iammarino, 2009 ; Broekel et Boschma, 2009 ; Hautala, 2011). Concrètement, la comparaison en termes de similarité des classes de brevets par les grandes firmes peut mettre à jour des similarités

[1] Cette base de données commerciale est proposée par la société Questel et accessible via le logiciel Orbit®. Les brevets sont regroupés en famille ce qui facilite l'évaluation du portefeuille d'un acteur.

[2] Établie en 1971, la CIB ou Classification Internationale des Brevets permet à tous les offices de brevets mondiaux de répertorier les dépôts de brevets dans des classes technologiques (près de 70 000 classes actuellement) selon la nature de leur contenu.

dans les bases de connaissances : en utilisant la Classification Internationale des Brevets il est possible de constituer le portefeuille de brevets de la firme en regroupant les familles par domaine technique et de détecter des bases communes en rapprochant les portefeuilles (Breschi, et al., 2003 ; Bennera et Waldfogelb, 2008 ; Diestre et Rajagopalan, 2012 ; Ahuja et Katila, 2001) ;

- les citations des brevets. Au-delà de la capacité à produire les connaissances utiles en interne, certains acteurs ont développé des capacités à identifier et absorber les connaissances externes pour les intégrer à leurs activités *via* des flux de connaissances (Jaffe et Trajtenberg, 2005 ; Hall et al., 2005 ; Moed et al., 2005). L'identification et la quantification des flux de connaissances suppose de faire appel à des indicateurs tels que les co-dépôts de brevets ou co-rédaction de publications qui informent des collaborations nouées intentionnellement par les acteurs (Mowery et al., 1998 ; Breitzman et Mogee, 2002 ; Pavitt, 2005), tandis que d'autres indicateurs relatifs aux citations offrent une vision sur des flux moins aisément perceptibles (Jaffe et Trajtenberg, 2005). Ces flux sont importants dans l'identification des transferts de technologies entre la science (recherche publique) et la technologie telle qu'elle est exploitée à des fins productives (Narin et al., 1997)[3].

b.ii. Collecte des données

La collecte de ces données s'est déroulée en trois temps :

- dans un premier temps, une équipe projet a été constituée pour chaque étude. Cette équipe projet regroupe un manager à l'origine de la demande, un analyste en charge de la conduite de l'étude et un expert appuyant par ses compétences techniques. Dans cette première phase sont fixés les objectifs et le périmètre de l'étude ;
- dans un deuxième temps, un entretien de 2h est mené entre l'analyste et l'expert au cours duquel l'expert apporte des connaissances techniques du système à l'analyste utiles à la collecte des données (mots-clés et corpus de brevets de la société utiles à l'extraction des codes CIB notamment) ;
- dans un troisième temps les informations sont collectées dans les bases de données structurées de brevets, puis analysées au travers de méthodes statistiques et cartographiques. Pour le traitement statistique, le logiciel MSExcel a été utilisé et pour le traitement cartographique, nous avons mobilisé l'outil Gephi (Bastian et al., 2009).

[3] Cependant, les aspects discrétionnaires de l'attribution de la citation de l'art antérieur amènent certains chercheurs à relativiser les résultats produits par de telles analyses (Alcacer et Gittelman, 2006). En effet, les conditions d'établissement de l'art antérieur d'un brevet sont relatives d'un office de brevet à l'autre : ainsi, à l'USPTO, l'examen de l'art antérieur très approfondi est requis pour tout dépôt, et les examinateurs peuvent ajouter des références pendant l'examen.

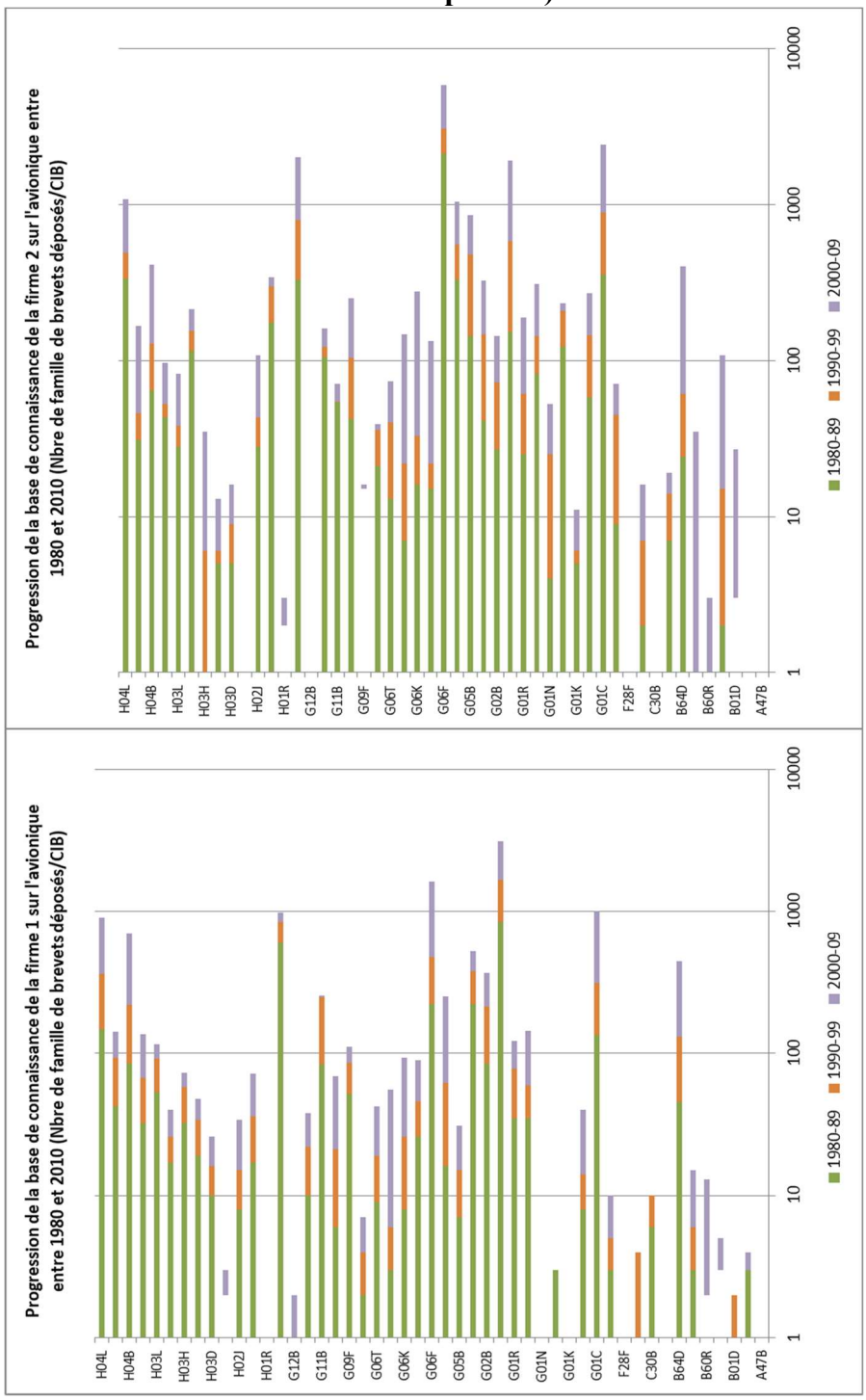
3. Résultats : une proximité cognitive à l'origine de transferts de connaissances involontaire entre concurrents

L'étude des bases de connaissances des cinq acteurs majeurs du secteur avionique met en exergue qu'en dépit de l'absence de toute appartenance à une même organisation, ces acteurs partagent une trajectoire d'innovation similaire. Ainsi, nous faisons d'abord le constat qu'il existe une forte proximité cognitive entre les deux industriels majeurs de l'avionique tant leurs bases de connaissances sont similaires. Puis nous constatons l'existence de flux de connaissances non maîtrisés entre les industriels.

a. L'alignement des trajectoires technologiques des avioniciens

En procédant à la comparaison des bases de connaissances des avioniciens, sur la base des classes CIB de leurs dépôts de brevets, nous constatons de fortes similarités entre elles. Ainsi, si l'on observe de plus près les trajectoires technologiques suivies par les firmes 1 (européenne) et 2 (américaine), deux leaders historiques du secteur, nous constatons qu'elles couvrent des champs de connaissances similaires (Figure 1).

Fig. 1 : Évolution des bases de connaissances des firmes 1 et 2 (en nombre de classes couvertes/période)



Source : Orbit, retraitement statistique des auteurs.

Ces deux firmes sont des acteurs majeurs de l'avionique par la conception et production de nombreux systèmes et sous-systèmes dans les différentes gammes de produits (surveillance, navigation, communication et systèmes d'information) depuis les premiers systèmes. De ce fait, leur base de connaissances s'est particulièrement étendue depuis les années 1980. Concrètement, l'évolution technologique des composants de l'avion vers davantage de

systèmes électroniques a contribué à l'extension des bases de connaissances des acteurs notamment dans le domaine du calcul numérique (G06), les transmissions (H04), la navigation et radionavigation (G01).

Ces firmes sont concurrentes sur le secteur et ne partagent aucun projet de développement ni autre forme organisée de relations qui pourraient expliquer cette proximité. Seul une proximité cognitive est donc observée, non articulée à une proximité organisationnelle. Autrement dit, en dépit de toute forme structurée de relation, c'est-à-dire sans proximité organisationnelle, des acteurs peuvent développer des bases de connaissances similaires et suivre les mêmes trajectoires technologiques.

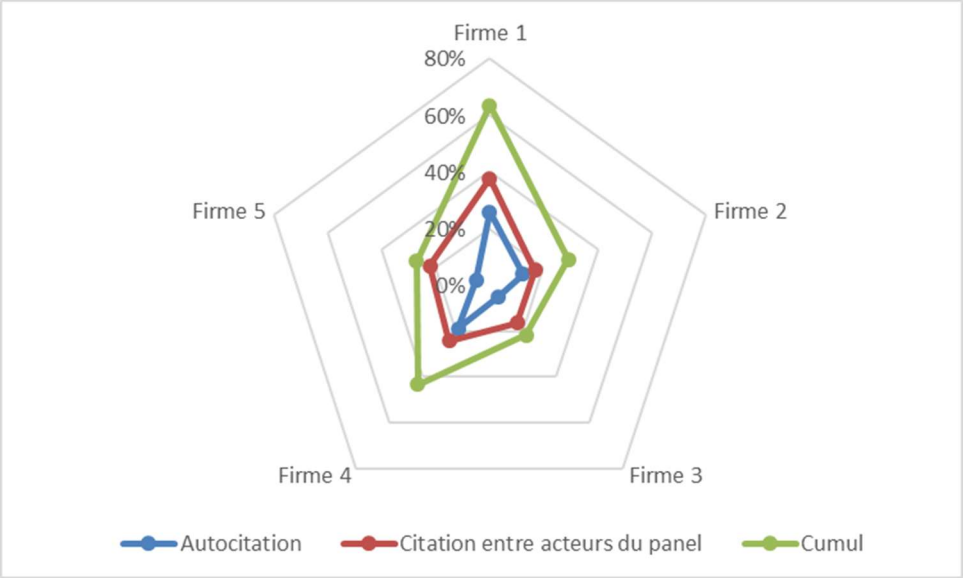
b. Des transferts de connaissances involontaires entre concurrents

Pour évaluer l'importance des flux de connaissances entre ces acteurs, nous nous référons aux citations de brevets et aux publications scientifiques observées sur les systèmes 1 et 2. En comparant pour un avionicien la part des références faites aux travaux antérieurs des firmes concurrentes, nous montrons l'existence d'un partage implicite des connaissances entre les concurrents. Dans le cas du système 1, les acteurs citent bien des brevets antérieurs leur appartenant ou appartenant à leurs concurrents directs : la part de ces citations est importante (entre 30% et 40% de l'art antérieur). L'étude plus avancée des citations met en évidence deux profils distincts (voir figure 2).

Le premier profil est celui des firmes 1 et 4. Pour celles-ci, l'importance accordée à l'art antérieur est significative dans les développements en cours, traduisant un système d'innovation très incrémental. Mais dans le même temps, l'appui sur les travaux menés par la concurrence l'est tout autant (environ 25% des brevets cités appartiennent aux concurrents directs).

Le deuxième profil (celui des firmes 2 et 3) montre l'importance accordée aux connaissances détenues par des acteurs non concurrents. Le poids que représente les connaissances déjà acquises est faible, traduisant une démarche d'innovation moins incrémentale que pour les autres acteurs (plus particulièrement dans le cas de la firme 3). En revanche l'ouverture sur l'extérieur est plus prononcée pour la firme 2 tandis que la firme 3 affiche un taux de citations des brevets de la concurrence directe similaire à celui des firmes 1 et 4. Ainsi la firme 2 tire beaucoup de connaissances de son environnement et s'appuie peu sur celles du secteur, alors que dans le cas de la firme 3, la démarche d'innovation repose davantage sur les connaissances des acteurs du secteur.

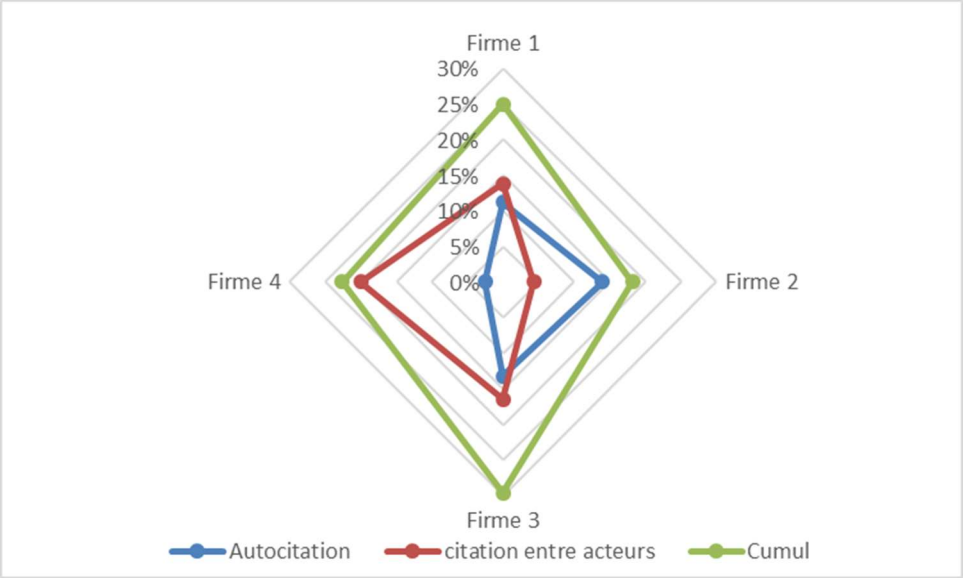
Fig. 2 : Répartition de l'art antérieur cité par les firmes dans le cas du système 1 (en %)



Source : Orbit, retraitement statistique des auteurs.

Si l'étude du Système 2 (figure 3) présente des taux de citations moins élevés que pour le Système 1, elle confirme cependant les comportements des firmes 1 et 2 déjà observés, avec une tendance à une ouverture plus grande vers des connaissances externes. En effet, on constate à nouveau que la firme 1 capitalise toujours sur ses connaissances antérieures mais la proportion passe de 22% à 11% de l'art antérieur cité. Bien qu'elle fasse partie des acteurs exploitant le plus les connaissances des leaders pour ce système, la proportion est toutefois réduite dans le cas du Système 2 (-10% par rapport au Système 1). La firme 2 accentue quant à elle son ouverture vers l'intégration de connaissances extérieures avec un taux de citations de l'art antérieur propre stable contrairement à celui des autres leaders qui devient insignifiant. Dans le cas de la firme 3, nous notons un changement concernant l'exploitation de l'art antérieur qui semble prendre une place plus significative que pour le Système 1 (13%) et s'équilibrer avec l'exploitation des connaissances des autres acteurs majeurs du secteur (16%) alors que pour la firme 4, si l'appui sur les connaissances détenues par les acteurs majeurs est toujours important, la part des citations de l'art antérieur est moins importante.

Fig. 3 : Répartition de l'art antérieur cité par les firmes dans le cas du système 2 (en %)



Source : Orbit, retraitement statistique des auteurs.

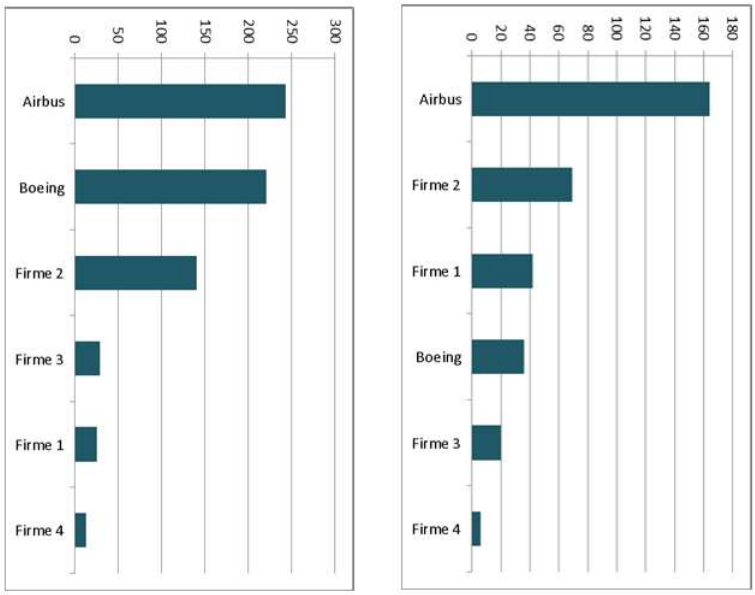
En résumé, dans le cas du Système 1, la capacité à exploiter les connaissances détenues par les concurrents directs est importante dans la construction de la base de connaissances nécessaires au développement du système. En ce qui concerne le développement du Système 2, les acteurs ont majoritairement une tendance à s'approprier des connaissances externes au cercle refermé des leaders pour construire leur base de connaissances.

c. Des flux de connaissances importants entre avionneurs et fournisseurs d'avionique

Dans l'observation des dépôts de brevets et citations, nous constatons que les architectes-intégrateurs Boeing et Airbus occupent une place importante dans la production de connaissances pour ces deux systèmes. Or, si à proprement parler ces deux acteurs ne sont pas des fabricants de systèmes avioniques, ils ont néanmoins la charge de définir précisément les spécifications techniques des systèmes et d'en gérer l'intégration finale dans l'appareil. De ce fait, ils se doivent d'être en mesure d'évaluer les solutions technologiques de leurs fournisseurs. Au-delà des considérations liées à l'évaluation des fournisseurs, Airbus s'attache à concevoir et produire lui-même certains systèmes avioniques dits critiques en raison de leur position déterminante dans la réussite d'un programme (Beaugency et al., 2015).

La figure 4 montre que les architectes intégrateurs sont placés parmi les principaux déposants de brevets concernant les Systèmes 1 et 2, particulièrement Airbus qui apparait dans les deux cas comme un acteur très actif.

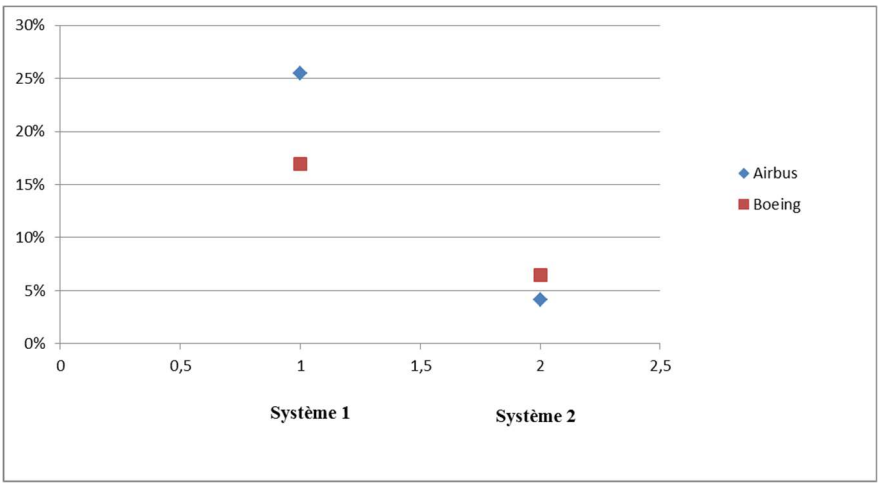
Fig. 4 : Classement des acteurs incluant Airbus et Boeing pour les systèmes 1 et 2 (en nombre de familles de brevets déposées)



Source : Orbit, retraitement statistique des auteurs.

Nous avons observé dans les dépôts des quatre acteurs étudiés la part des citations accordées aux brevets déposés par Airbus et Boeing (Figure 5). Nous avons là encore constaté que les architectes intégrateurs sont une source de connaissances importante pour les avioniciens, en particulier pour le Système 1. Ainsi, près de 25% des citations de l'art antérieur des firmes spécialistes concernent des brevets d'Airbus, contre 15% pour Boeing dans le cas du Système 1. Dans le cas du Système 2, les firmes semblent en revanche s'affranchir des connaissances des deux architectes intégrateurs (5%) malgré l'importance de leur activité inventive.

Fig. 5 : Part des citations de brevets concernant les architectes intégrateurs pour les systèmes 1 et 2 (en %)



Source : Orbit, retraitement statistique des auteurs.

4. Discussion

Comment expliquer l'existence d'une telle proximité cognitive entre des acteurs concurrents qui ne coopèrent pas ? Bien entendu, la diffusion involontaire des connaissances qui en découlent va par la suite contribuer fortement à la convergence des bases de connaissances, causes et effets s'enchaînant. Mais des facteurs initiaux sont à rechercher dans l'environnement sectoriel même, suivant en cela les travaux évolutionnistes.

En effet, les travaux s'intéressant aux régimes technologique ont proposé des typologies de secteurs (Marsili et Verspagen, 2002) : les régimes basés sur la science (l'électronique), ceux d'ingénierie de produits (instrumentation), ceux basés sur les innovations de processus (chimie), ceux basés sur l'innovation continue (textile) et enfin ceux basés sur les systèmes complexes (automobile, aéronautique). Si de façon générale, l'avionique appartient à ce dernier cas, il reste à analyser en détail les particularités du régime technologique du secteur avionique, à savoir les conditions technologiques et techniques spécifiques aux systèmes avioniques et les mutations de la chaine de valeur du secteur aéronautique observées sur les récents programmes.

La conception et la production des systèmes avioniques relèvent en effet de process particuliers, à la fois dans les connaissances très complexes qui sont combinées et dans le suivi très normalisé de chaque étape (de l'élaboration du système à son intégration dans l'appareil et son entretien tout au long de la vie de l'avion).

a. Des connaissances complexes inscrites dans un temps long

En premier lieu, les connaissances utiles au développement de systèmes avioniques présentent un important degré de spécificité. En effet, l'avionique est dépendante de deux secteurs portés par des dynamiques d'innovation contraire, l'électronique (très dynamique et concurrentielle) et l'aéronautique (industrie en cycles longs avec un régime d'innovation routinier et une concurrence stabilisée). Si pour certains secteurs tels que l'électronique, la capacité à renouveler régulièrement le stock de connaissances de la firme pour innover rapidement est primordial, il est vital pour d'autres secteurs comme l'aéronautique de capitaliser et d'accumuler des connaissances sans en détruire, au risque de mettre en péril des programmes anciens.

En deuxième lieu, dans l'industrie aéronautique, ces bases de connaissances accumulées sont complexes et combinent à la fois des savoir-faire techniques et des connaissances en gestion de programmes de développement de systèmes avioniques (Beaugency, 2015). Les savoir-faire techniques sont articulés autour de l'exploitation des technologies électroniques dans un environnement contraint. D'un côté, le choix des composants doit être justifié au regard de son adéquation avec les spécificités d'usage (durée de vie et fiabilité des composants et systèmes). Les acteurs de l'avionique se doivent de maîtriser et d'assurer la disponibilité des technologies nécessaires sur une trentaine d'années, durée de vie moyenne d'un programme aéronautique. De l'autre, ces composants et systèmes doivent être conçus en vue de leur intégration dans l'appareil final (l'avion) et leurs fabricants doivent respecter les conditions pour que l'ensemble des systèmes puissent s'interfacer sans risques. En sus de ces savoir-faire techniques, les fournisseurs d'avionique doivent capitaliser sur leur expérience en gestion de projets complexes pour respecter les contraintes en termes de coûts et de délais imposées par les avionneurs. Pour cela, ils s'appuient sur les années d'expérience acquises au cours des programmes précédents. Près de 500 systèmes et sous-systèmes composent le secteur

avionique et chacun répond de procédure de développement et d'organisation industrielle particulière. De ce fait, la capacité des firmes à capitaliser sur les expériences passées et sur les connaissances des ingénieurs et experts des systèmes est déterminante pour d'une part maintenir opérationnels les systèmes en cours d'exploitation et d'autre part identifier de nouvelles connaissances utiles dans l'environnement (Kogut et Zander, 1992).

En résumé, il faut donc être capable de gérer dans le temps long d'un programme aéronautique des technologies électroniques très changeantes. Dès lors, la gestion des bases de connaissances par les leaders historiques du secteur s'effectue dans la durée, et ce depuis les débuts de l'avionique dans les années 1980. Les nouveaux entrants, par l'absorption des connaissances des leaders suivent cette même trajectoire technologique, l'ensemble contribuant à une convergence des bases de connaissances, similarité qui explique la diffusion de ces dernières.

b. De fortes contraintes normatives

A cette complexité s'ajoute l'étroit encadrement normatif de l'intégration et de l'application des nouvelles technologies électroniques dans un contexte aéronautique et des développements des systèmes, de leur conception jusqu'à leur entretien tout au long de la vie de l'appareil. L'évaluation de l'effet positif des normes sur la radicalité de l'innovation dans un secteur est encore aujourd'hui une question controversée dans la littérature et dans le cas présenté ici, nous observons que les normes de développement des systèmes avioniques constituent une contrainte forte d'une part sur les choix technologiques des acteurs et d'autre part, sur la radicalité des innovations.

En effet, pour développer ces systèmes, les fournisseurs d'avionique doivent suivre scrupuleusement le cahier des charges défini par l'architecte-intégrateur, en vue de prouver la conformité du développement avec les règles établies par les autorités de certification. L'architecte-intégrateur est le garant du respect de ces normes et doit défendre la conformité des systèmes et de l'appareil devant les autorités de certification afin de se voir attribuer une autorisation de mise sur le marché. De nombreuses normes encadrent la réalisation des systèmes avioniques tant sur le plan du choix des technologies utilisées que sur la conception et l'assemblage des différents sous-systèmes (normes sur les interfaces matérielle et logicielle). La contrainte normative imposée par les autorités de certification dans l'usage des technologies impacte les choix des avionneurs et des fournisseurs d'avionique pour la conception des systèmes.

Mais cette contrainte normative agit également comme une barrière à l'entrée importante pour tout acteur disposant des connaissances et de la maitrise des technologies exploitées pour réaliser les systèmes avioniques. D'une part, sur la question du périmètre technologique pour concevoir des systèmes avioniques qui contraint l'ensemble des acteurs souhaitant investir le marché à le maîtriser dans sa quasi-totalité. Ainsi, un nouvel acteur ne pourra être reconnu par l'avionneur comme un fournisseur qualifié que s'il apporte la preuve de sa maitrise du processus normatif des systèmes avioniques. On constate, comme dans le cas de la firme 5, que les concurrents montent dans la chaine de valeur par un investissement d'abord sur les systèmes non critiques (pour lesquels les contraintes normatives sont les moins fortes) avant d'adresser les systèmes plus critiques. D'autre part, sur la nécessité d'investir ces technologies à long terme qui crée une forme de dépendance de sentier commune à l'ensemble des fournisseurs d'avionique. La contrainte normative fait naître de fortes similarités entre les bases de connaissances des acteurs précisément parce qu'elle contrôle les orientations

technologiques (Acha et Brusoni, 2008). De ce fait, le partage international de normes, en bornant les choix techniques, inscrit les fournisseurs d'avionique dans une trajectoire technologique induisant une similarité des bases de connaissances.

c. Les mutations de l'industrie aéronautique

Les contraintes de la conception et de la production des systèmes avioniques sont accentuées par les évolutions récentes qu'a connu l'industrie aéronautique (Belin et al., 2014) : les fournisseurs de rang 1 comme les fournisseurs d'avionique, du fait du recentrage sur les activités stratégiques opéré par les architectes intégrateurs, se voient confier des *work packages* de plus en plus importants en valeur et en volume. Les fournisseurs d'avionique développent une stratégie de remontée dans la chaîne de valeur, grâce à la conception et la réalisation d'ensembles techniques majeurs dont ils obtiennent la responsabilité (Amesse et al., 2001). Ils deviennent ainsi des architectes pour un bloc de savoirs homogènes et se positionnent sur un segment stratégique de la *supply chain* (Talbot, 2008, 2013). Ce nouveau positionnement s'accompagne de contraintes fortes en matière de performance, de masse, de fiabilité, de prise de risque financier et de prix des systèmes fournis. Finalement peu d'acteurs sont capables de supporter ces contraintes liées au développement et à la production de systèmes avioniques (Beaugency, 2015). Le faible nombre de firmes capables d'être des acteurs de premier plan dans le secteur facilite alors mécaniquement la similarité des bases de connaissances : il est plus facile de se ressembler quand on est peu nombreux.

Conclusion

Dans le cas des entreprises basées sur un régime technologique des systèmes complexes tels l'aéronautique ou l'automobile, peu de travaux ont à ce jour été conduit. Ainsi, nous avons montré, *via* les citations des brevets, que les acteurs du secteur s'approprient les connaissances des concurrents indépendamment de toute relation contractuelle grâce à l'existence d'une forte proximité cognitive entre eux. Un effet négatif de la proximité cognitive est donc mis à jour puisque le flux de connaissances est non maîtrisé (knowledge spillover). C'est le principal résultat empirique de notre travail. Nous avons avancé plusieurs explications à ce phénomène, toutes liées au secteur de l'avionique. Tout d'abord, la double dépendance aux secteurs électronique et aéronautique suppose une maîtrise de technologies électroniques très évolutives sur une trentaine d'années et la nécessité de capitaliser sur les connaissances passées et les évolutions récentes de l'industrie aéronautique. Ensuite, elle accentue les contraintes subies par les fournisseurs d'avionique et induit une forte sélectivité des firmes capables de devenir des acteurs majeurs de l'avionique. Enfin, le faible nombre d'acteurs favorise alors la similarité des bases de connaissances, tout comme les fortes contraintes normatives qui limitent le champ des possibles technologiques. Cette similarité augmente la réceptivité aux connaissances des concurrents de l'avionique. On le comprend, si la proximité cognitive est une opportunité pour échanger volontairement des connaissances, elle est aussi un problème car elle peut permettre un transfert involontaire (Nooteboom, 2002 ; Capello, 2009 ; Boschma et Frenken, 2010). Nous observons donc ici un effet négatif de la proximité cognitive (Gulati, 1998 ; Basile et al., 2012).

Enfin deux limites, comme autant de perspectives de recherche, sont à relever. Premièrement, à l'appui de l'étude des conditions particulières liées à la production et à la diffusion des connaissances propres à la réalisation des systèmes avioniques, nous apportons une contribution en montrant que des firmes concurrentes sont amenées à exploiter de façon très similaire les mêmes connaissances. De plus, l'étude des citations met en évidence que cette exploitation similaire passe par un partage implicite des connaissances, car, en l'absence de toute collaboration scientifique et technique avérée, ces firmes s'appuient sur les brevets et publications des concurrents pour innover. Il convient alors de s'interroger sur la circulation des connaissances dans des secteurs présentant les mêmes caractéristiques que l'avionique, à savoir de régimes technologiques de systèmes complexes (tels que l'automobile) et pour lesquels les trajectoires technologiques des firmes relèvent autant de facteurs endogènes qu'exogènes (normes, complexité des connaissances, etc.) (Teece, 1996).

Deuxièmement, si les facteurs sectoriels permettent d'expliquer l'existence d'un transfert de connaissances incontrôlé hors de toute proximité organisationnelle associée à une proximité cognitive, il convient de nuancer notre propos : le flux de connaissances est simultanément contrôlé *via* des relations de sous-traitance très structurées entre architectes intégrateurs et fournisseurs d'avionique et *via* des partenariats entre ces derniers et divers laboratoires de recherche. Au sein de la chaîne de valeur aéronautique, on assiste aussi à une intensification des échanges de connaissances dans le cadre de relations de sous-traitance (Beaugency et al., 2015). Lors de la préparation des projets, l'intervention des fournisseurs d'avionique est requise de plus en plus tôt par l'architecte-intégrateur, dans des phases très en amont et aux côtés d'autres fournisseurs majeurs potentiels en compétition. Il s'agit là de phases préparatoires, visant à la prédéfinition des projets sur la base de confrontations et d'échanges entre les acteurs industriels impliqués : on parle de co-spécifications. Au total, les phases amont de coordination stratégique aboutissent sur le plan des démarches de conception à la construction de liens de coopération souvent historiques avec les architectes intégrateurs (Gilly et al., 2011). Ces échanges, fortement organisés, sont constitutifs d'une proximité organisationnelle qui se renforce entre avionneurs et avioniciens.

En outre, depuis le début des années 2000, se développent des relations partenariales encadrant le flux de connaissances entre fournisseurs d'avionique, architectes intégrateurs et laboratoires de recherche. La complexité technologique des systèmes avioniques exige une extension des bases de connaissances et explique le développement des relations avec les centres scientifiques (Gilly et al., 2014). En effet, les fournisseurs d'avionique n'ont pas toutes les connaissances nécessaires à l'exploration de plusieurs solutions technologiques pour répondre à la demande ou ouvrir de nouvelles voies d'innovation. Concrètement, il s'agit d'établir des partenariats de recherche auprès d'instituts et de centres de recherche scientifiques et techniques afin d'acquérir de nouvelles connaissances tout en réduisant les coûts tant humains que financiers (Beaugency, 2015). Ces firmes accèdent par ce biais à des connaissances externes nouvelles qu'elles sont susceptibles d'absorber pour renforcer leurs bases de connaissances et d'exploiter à plus ou moins long terme (Beaugency, 2015 ; Flamand, 2016).

Finalement, l'existence de cette diffusion incontrôlée des connaissances résultant d'une proximité cognitive intense explique que, pour s'en prémunir, les industriels développent par ailleurs une proximité organisationnelle, non pas entre eux directement mais avec les architectes intégrateurs et des laboratoires de recherche, pour limiter les effets indésirables d'une trop forte proximité cognitive. C'est pour le moins une hypothèse à vérifier.

Références

Acha V., Brusoni S., (2008) The Changing governance of knowledge in avionics, *Economics of Innovation and New Technology,* vol. 17, n°1-2, pp. 43-57.

Ahuja, G., Katila, R., (2001) Technological acquisitions and the innovation performance of acquiring firms: a longitudinal study, *Strategic Management Journal,* Vol. 22, pp. 197-220.

Almeida, P., Dokko, G., Rosenkopf, L., (2003) Startup size and the mechanisms of external learning: increasing opportunity and decreasing ability? *Research Policy*, Vol. 32, pp. 301-315.

Amesse F., Dragoste L., Nollet J., Ponce S., (2001) Issues on partnering: evidences from subcontracting in aeronautics. Technovation, vol. 21, 9, 559-569.

Basile R., Capello R., Caragliu A., (2012) Technological interdependence and regional growth in Europe: Proximity and synergy in knowledge spillovers, *Papers in Regional Science*, vol. 91, n°4. pp. 697-722.

Bastian M., Heymann S., Jacomy M., (2009) *Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks*, actes de la conference International ICWSM, San José, Californie, 17-20 mai 2009, 2 p.

Bathelt H., Malmberg A., Maskell P., (2004) Clusters and knowledge: local buzz, global pipelines and the process of knowledge creation. *Progress in human geography,* vol. 28, n°1, pp. 31–56.

Beaugency A., Sakinc M-E., Talbot D., (2015) Outsourcing of strategic resources and capabilities: opposing choices in the commercial aircraft manufacturing, forthcoming, *Journal of Knowledge Management,* vol. 49, n°6, pp. 912-931.

Beaugency A., (2015), *Capacités dynamiques et compréhension des enjeux sectoriels : apports de l'intelligence technologique au cas de l'avionique*, thèse de doctorat en sciences économiques, Université de Bordeaux, novembre 2015, 314 p.

Belin J., Becue M., Talbot D., (2014) Relational rent and underperformance of hub firms in the aeronautics value chain, *M@n@gement*, vol. 17, n°2, pp. 110-135

Bennera M., Waldfogelb J. (2008) Close to you? Bias and precision in patent-based measures of technological proximity, *Research Policy,* vol. 37, 9, pp. 1556–1567.

Boschma Rv (2005) Proximity and innovation. A critical assessment, *Regional Studies,* vol. 39, 1, pp. 61-74.

Boschma R., Iammarino S., (2009) Related variety, trade linkages, and regional growth in Italy, *Economic Geography*, Vol. 85 No. 3, pp. 289-311.

Boschma R., Frenken K., (2010) The spatial evolution of innovation networks. A proximity perspective. *In* Boschma, R., Martin, R., (eds), *The Handbook of Evolutionary Economic Geography,* Edward Elgar, Cheltenham, pp. 120-135.

Bouba-Olga O., Grossetti M., (2008) Socio-économie de proximité. *Revue d'Economie Régionale et Urbaine,* vol. 3, pp. 311-328.

Breschi S., Lissoni F., Malerba F., (2003) Knowledge-relatedness in firm technological diversification, *Research Policy,* vol. 32, 1, pp. 69–87.

Breitzman A., Mogee, M-E., (2002). The Many Applications of Patent Analysis. *Journal of Information Science*, vol. 28, 3, pp. 187–205.

Broekel T., Boschma R., (2009) Knowledge networks in the Dutch aviation industry: the proximity paradox, *Papers in Evolutionary Economic Geography*, No. 09.15.

Capello R., (2009) Spatial Spillovers and Regional Growth: A Cognitive Approach, *European Planning Studies*, vol. 17, n°5, pp. 639-658.

Capello R., (2014) Proximity and regional innovation processes: is there space for new reflections?, *in* Torre A. and Wallet F. (eds), *Regional Development and Proximity Relations,* Edward Elgar, Cheltenham and Northampton M.A, pp. 163-194.

Cassi L., Plunket A., (2014) Proximity, network formation and inventive performance: in search of the proximity paradox, *The Annals of Regional Science*, Vol. 53, 2, pp. 395-422.
Cohen WM., Levinthal DA., (1990) Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative science,* quarterly Vol. 35, 1, pp. 128–152.
D'Este Cukierman, P., (2005) How do firms' knowledge bases affect intra-industry heterogeneity? An analysis of the Spanish pharmaceutical industry, *Research Policy,* Vol.34, pp. 147-162.
Décision., (2012) *World Electronic Industry outlook 2015-2020 challenges and opportunities ahead Europe at a crossroad,* Electronica Conference 2012, Munich, 100 p.
Dibiaggio, L., Nasiriyar, M., Nesta, M., (2014) Substitutability and complementarity of technological knowledge and the inventive performance of semiconductor companies, *Research Policy,* Vol. 43, pp. 1582-1593.
Diestre, L., Rajagopalan, N., (2012) Are all sharks dangerous? New biotechnology ventures and partner selection in R&D alliances, *Strategic Management Journal,* Vol. 22, 10, pp. 1115-1134.
Epicoco, M., Oltra, V., Saint Jean, M. (2014), Knowledge dynamics and sources of eco-innovation: mapping the green chemistry community, *Technological Forecasting and Social Change,* vol. 81, pp. 388-402.
Ernst, H., Legler, U., Lichtenthaler, U., (2010) Determinants of patent value: insights from a simulation analysis, *Technological Forecasting and Social Change,* Vol. 77, 1, pp. 1-19.
Flamand, M., (2016) *Le déploiement de l'intelligence technologique dans le processus d'innovation des firmes : quels objectifs, enjeux et modalités pratiques ? Une application à l'industrie automobile,* Thèse de doctorat en sciences économiques, Université de Bordeaux, juin 2016, 423 p.
Fleming, L., (2001), Recombinant uncertainty in technology search, *Management Science,* Vol. 47, pp. 117-132.
Frigant, V. (2013) *Dynamique des relations verticales « inter-industriels » : une lecture à partir du concept de modularité.* Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches. Université Montesquieu-Bordeaux IV.
Gilly J.P., Torre A., (éds), (2000). *Dynamiques de proximité*. L'Harmattan, Paris.
Gilly J.P., Talbot D., Zuliani J.M., (2011) Hub firms and the dynamics of regional innovation: case studies of Thales and Liebherr in Toulouse, *European Planning Studies*, vol. 19, n°12, pp. 2009-2024.
Gilly J.P., Kechidi M., Talbot D., (2014) Resilience of organisations and territories: the role of pivot firms, *European Management Journal*, vol. 32, n°4, pp. 596-602
Gilsing V., Nooteboom B., Vanhaverbeke W., Duysters G., Van den Oord A. (2008) Network embeddedness and the exploration of novel technologies: technological distance, betweenness centrality and density. *Research Policy*, vol. 37, 10, pp. 1717–1731.
Granstrand, O., Patel, P., Pavitt, K., (1997), Multi-technology corporations: why they have distributed rather than distinctive core competencies, *California Management Review*, vol. 39, n°4, pp. 8-25.thomk
Griliches, Z., (1990), Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey*, Journal of Economic Literature*, American Economic Association, vol. 284, pp. 1661-1707.
Gulati R., (1998) Alliances and networks, *Strategic Management Journal*, vol. 19, n°4, pp. 293–317
Hall B-H., Jaffe A., Trajtenberg, M., (2005) Market value and patent citations: a first look *Rand Journal of Economics*, vol. 36, n°1, Spring, pp. 16-38.
Hamel, G., Prahalad, C.K., (1994) Competing for the future, *Harvard Business Review,* Vol. 72, 3,
Hautala J., (2011) Cognitive proximity in international research groups, *Journal of Knowledge*

Management, Vol. 15, 4 pp. 601 -624.
Helfat, C.E., (1994), Evolutionary trajectories in petroleum firm R&D. *Management Science*, vol. 40, pp. 1720–1747.
Henderson, R., Cockburn, I., (1996), Scale, scope and spillovers: the determinants of research productivity in drug discovery, *The RAND Journal of Economics,* vol. 27, n°1, pp. 32-59.
Jaffe A., Trajtenberg M., (2005) *Patents, Citations & Innovations: a Window on the Knowledge Economy*. MIT Press, Cambridge, 496 p.
Kirat T., Lung Y., (1995) Innovations et proximités : le territoire, lieu de déploiement des processus d'apprentissage. In *Coordination économique et apprentissage des firmes*, (Eds, Lazaric N., Monnier J. M.). Economica : Paris.
Kogut B., Zander U., (1992) Knowledge of the firm, combinative capabilities, and the replication of technology, *Organization Science*, vol. 1, 3, pp. 383-397.
Malerba, F., L. Orsenigo, (1993), Technological regimes and firm behavior, *Industrial and Corporate Change*, vol.2, pp. 45-74.
March J.G., (1991) Exploration and exploitation in organizational learning », *Organization Science,* vol. 2, n°1, pp. 101-123.
Markusen A., (1996) Sticky places in slippery space: a typology of industrial districts, *Economic Geography,* vol. 72, 3, pp. 293–313.
Marsili, O., Verspagen, B., (2002), Technology and the dynamics of industrial structures: an empirical mapping of Dutch manufacturing, *Industrial and Corporate Change*, vol. 11, n°4, pp. 791-815.
Mattes J., (2012) Dimensions of Proximity and Knowledge Bases: Innovation between Spatial and Non-spatial Factors, *Regional Studies*, Vol. 46. 8, pp. 1085–1099.
Messeni Petruzzelli A., Albino V., Carbonara N., (2009) External knowledge sources and proximity, *Journal of Knowledge Management*, Vol. 13, 5, pp. 301-18.
Moed H.F., Glänzel W., Schmoch U., (2005) *Handbook of Quantitative Science and Technology Research. The use of Publication and Patent Statistics in Studies of S&T systems,* Springer Netherlands, 800 p.
Moodysson J., Coenen L. and Asheim B. (2008) Explaining spatial patterns of innovation: Analytical and synthetic modes of knowledge creation in the Medicon Valley life-science cluster, *Environment and Planning* A vol. 40, pp. 1040–1056.
Mowery D. C., Oxley J. E., Silverman B. S., (1998) Technological overlap and interfirm cooperation: implications for the resource-based view of the firm, *Research Policy*, vol. 27, pp. 507-523.
Narin, F., Hamilton, K., Olivastro, D., (1997), The Increasing Linkage Between U.S. Technology and Public Science, *Research Policy*, vol. 26, n°3, pp. 317-30.
Nelson, R., Winter, S., (1982), *An evolutionary theory of economic change*, Harvard University Press, Cambridge, 454 p.
Nesta, L., Dibiaggio, L., (2003) Technology strategy and knowledge dynamics : the case of biotech, *Industry and Innovation,* Vol. 10, pp. 329-347.
Nooteboom B., (2002) *Trust. Forms, Foundations, Functions, Failures and Figures,* Edward Elgar, Cheltenham and Northampton M.A.
Nooteboom B., (2004) Inter-firm Collaboration, Learning and Networks. An integrated approach, Routledge, New York.
Nooteboom B., van Haverbeke W.P.M., Duijsters G.M., Gilsing V.A., v.d. Oord A., (2007), Optimal cognitive distance and absorptive capacity, *Research Policy,* vol. 36, n°7, pp. 1016-1034.
OECD, (2009), *Manuel de l'OCDE sur les statistiques des brevets*, available online : http://urlz.fr/2vQj (last consultation: August, 20th, 2015), 176 p.
Oltra, V., Saint Jean, M., (2009) Sectoral systems of environnemental innovation: an

application to the French Automotive Industry, Technological Forecasting & Social Change, Vol. 76, pp. 567-583.
Patel, P., Pavitt, K., (1997) The Technological Competence of World's Largest Firms: Complex and Path Dependent, but not Much Variety, *Research Policy*, vol. 26, n°2, pp. 141-156.
Pavitt K., (2005) Innovation processes, *in* Fagerberg J., Mowery D. C. and Nelson R. R. (Eds) *The Oxford Handbook of Innovation*, pp. 86–114. Oxford University Press, Oxford.
Pecqueur B., Zimmermann J.B. (éds), (2004) *Economie de Proximités*. Hermès, Lavoisier : Paris.
Prencipe, A., (2003) Corporate strategy and systems integration capabilities : managing networks in complex systems industries, *The Business of Systems Integration,* Vol.11, 20, pp. 114-132.
Ponds R., Van Oort F., Frenken K., (2007) The geographical and institutional proximity of research collaboration. *Papers in Regional Science* vol. 86, 3, pp. 423–443.
Talbot D., (2008) Les institutions créatrices de proximités, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, n°3, pp. 289-310.
Talbot D. (2013) Clustérisation et délocalisation : les proximités construites par de Thales Avionics *Revue Française de Gestion*, vol. 39, 234, pp. 15-26.
Teece, D-J. (1996) Firm organization, industrial structure, and technological innovation, Journal of Economic Behavior & Organization, vol. 31, pp. 193-224.
Thomke, S.H., Von Hippel, E.S., Franke, R., (1997) Modes of experimentation: an innovation process variable, *Working Paper 96-037, Harvard Business School,* Boston, 33p.
Torre A., Rallet A., (2005), Proximity and Localization, *Regional Studies*, vol. 39, 1, pp. 47-60.
Williamson O.E., (1985) *The Economic Institutions of Capitalism*, The Free Press, Macmillan, New York.
Wittington KB., Owen-Smith J., Powell WW., (2009) Networks, propinquity, and innovation in knowledge intensive industries. *Administrative Science Quarterly March 2009* vol. 54 : 1, pp. 90–122.
Yin, R. K. (1989), *Case study research: Design and methods*, Beverly Hills, Sage Publishing.
Zahra S.A., George, G., (2002), Absorptive capacity: a review, reconceptualization and extension, *Academy of Management Review*, vol. 27, n°2, pp. 185-203.