



Conseil Supérieur de la Formation
et de la Recherche Stratégiques



GEOSTRATEGIA
L'agora stratégique 2.0 du CSFRS

VALEUR BREVET

**Analyse
sectorielle de
la valeur des
brevets**

Rapport VALEUR-BREVET « Analyse sectorielle de la valeur des brevets »

Edité en Juin 2014.

Rapport VALEUR-BREVET « Analyse sectorielle de la valeur des brevets »

Publié le 01-07-2017

L'objectif de cette étude était d'étudier les enjeux liés à la valeur et à la qualité des brevets, en prêtant une attention particulière aux dépôts de brevets dits stratégiques, dont l'objet est de bloquer la concurrence par leur caractère défensif ou offensif. Il s'agit non seulement de réaliser une analyse sectorielle des dépôts de brevets dans les secteurs liés à la défense, d'étudier les déterminants des dépôts de brevets stratégiques mais surtout de proposer une analyse de la valeur brevet en croisant les aspects technologiques, sectoriels et les caractéristiques des entreprises.

L'originalité de l'approche reposait sur le fait de combiner des données d'entreprises avec des données de brevets dans le but de caractériser et d'évaluer quantitativement la valeur des brevets en fonction des spécificités sectorielles et des comportements des firmes.

Le caractère novateur du projet était double. En premier lieu, il se proposait de croiser les dimensions technologiques, sectorielles et organisationnelles qui ont une influence sur la stratégie de dépôt de brevet et de proposer :

1. une typologie des motivations stratégiques de dépôts de brevets selon qu'ils sont défensifs ou offensifs, qu'ils cherchent à protéger ou à bloquer les avancées technologiques et réduire la concurrence sur les marchés ;
2. de tester les différentes explications concurrentes du comportement de dépôts de brevet selon les motivations stratégiques des firmes ;
3. de quantifier la part des brevets correspondant aux différentes motivations stratégiques dans le *pool* des brevets des secteurs considérés ainsi que leur poids économique.

En second lieu, il s'agissait de proposer la réalisation de tests empiriques de la valeur brevet sur quelques grands secteurs technologiques en appareillant des bases de données d'entreprises et de brevets.

Les enjeux du projet étaient tant stratégiques qu'économiques. En effet, les entreprises intervenant traditionnellement dans les secteurs clés pour la défense et la sécurité font face à des évolutions majeures : européanisation croissante des politiques dans le domaine défense et sécurité, concurrence accrue sur les marchés internationaux, évolution et complexité technologiques des programmes d'armement et de sécurité. Dans ce contexte, la gestion de la propriété intellectuelle et les stratégies de dépôts de brevet, pour les entreprises comme pour les grands organismes de recherche travaillant pour la défense (par exemple l'ONERA et le CEA), représentent progressivement une dimension stratégique pour la construction et la préservation de domaines de compétences clés sur les court et moyen termes.

Ce travail se proposait donc, en prenant en compte les spécificités des secteurs technologiques liés à la défense, d'analyser la valeur et la qualité technologique des brevets en fonction des comportements stratégiques des firmes. Les secteurs de hautes technologies comme les domaines et les sous-domaines de l'électronique de la défense et de la sécurité, des technologies de l'information et de la communication, ou encore de l'aéronautique, offrent la possibilité de prendre en compte des spécificités sectorielles et technologiques très différentes et des spécificités en termes de comportements stratégiques ou en matière de propriété intellectuelle. Le choix de ces secteurs permet de prendre en compte à la fois des entreprises très dépendantes des marchés de défense, et des entreprises pour lesquelles les entreprises sont très duales (civiles et militaires).

Projet porté par l'Université Paris XI et l'Observatoire des Sciences et des Techniques.

Auteur(s) : Lorenzo Cassi, Emilie Pauline Gallie, Valerie Merindol, Wilfriedo Mescheba, Anne Plunket

Source(s) : CSFRS

Projet financé par le CSFRS

« Analyse sectorielle de la valeur des brevets »

En collaboration

ADIS (Université Paris XI) et Observatoire des Sciences et des techniques (OST)

RAPPORT FINAL

VALEUR ECONOMIQUE DES FIRMES ET QUALITE

TECHNOLOGIQUE DES BREVETS :

*UNE ANALYSE DES SPECIFICITES DES LEADERS SUR LE MARCHE DE
L'ARMEMENT*

**LORENZO CASSI, EMILIE PAULINE GALLIE, VALERIE MERINDOL,
WILFRIEDO MESCHEBA, ANNE PLUNKET**

JUIN 2014

SOMMAIRE

Liste des tableaux	5
Liste des figures	6
Liste des Encadrés	6
Synthèse des résultats et perspectives.....	7
1. Objectif du projet : approches conceptuel, empirique et méthodologique.....	7
2. Les déterminants de la qualité technologique des brevets : l'approche retenue.....	7
2.1 Les mesures utilisées pour la qualité technologique des brevets	7
2.2 Les déterminants de la qualité technologique des brevets : les caractéristiques des secteurs, des firmes et des brevets	8
2.3 L'étude des déterminants de la qualité technologique des brevets : deux approches retenues, des résultats complémentaires	10
3. Les déterminants de la performance économique et technologique des firmes leaders sur le marché de l'armement.....	11
3.1 Les déterminants de la valeur économique des groupes leaders	12
3.2 Les déterminants de la performance technologique des groupes	13
Les résultats obtenus sur les déterminants des breakthrough Patent (top 1 %).....	13
Les résultats obtenus sur les brevets les plus généraux (top 25 %).....	14
Les résultats obtenus sur les brevets les plus originaux (top 25%)	14
LES DETERMINANTS DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DES BREVETS.....	16
SECTION 1 - There can be only one: an empirical comparison of three forward- citation patent quality indicators	16
1. Introduction	16
2. Patent quality measures based on forward citations	18
2.1 Determinants of patent quality	21
Patent characteristics.....	21
Applicants and sectors characteristics	22
3. Data, variables and estimation strategies	24
Dependent variables and models	25
The independent variables	27
4. Results	28
Patent characteristics	32
Applicant characteristics	34
Sector characteristics	35
5. Conclusion.....	37
6. References	38
Annexe : Data Statistics	40
SECTION II - Breakthrough inventions, firm characteristics and technological sector dynamics	41
1. Introduction	41
2. Review of the literature	42
2.1. Measuring the quality of inventions	42

2.2. Firm technological characteristics and patenting behavior	44
2.3. Technological sector characteristics	45
3. Data and variables	46
3.1. Sample construction	46
3.2. Variable description and model	47
3.2.1. Dependent variable	47
3.2.3. The independent variables	48
4. Results	50
5. Conclusion.....	63
References	64
Appendix – Correlation table and robustness checks.....	66
LES FIRMES LEADERS SUR LE MARCHE DE L'ARMEMENT :	
PERIMETRE RETENU ET CARACTERISTIQUES GENERALES	71
Introduction	71
La sélection des firmes retenues pour l'analyse	71
Choix des entreprises et composition des groupes	71
les grandes caractéristiques des firmes	72
Les caractéristiques en termes de positionnement sur le marché technologique	72
Caractéristiques clés du portefeuille de brevets européens des firmes leaders sur le marché de l'armement.....	76
Taille du portefeuille de familles de brevets européens	77
La place des oppositions dans la stratégie de propriété intellectuelle des leaders sur le marché de l'armement.....	80
Les oppositions émises et reçues par les leaders sur le marché de l'armement.....	80
Oppositions et qualité technologique des brevets.....	83
Les principaux opposés/ opposants : les caractéristiques clés.....	83
LES DETERMINANTS TECHNOLOGIQUES DE LA PERFORMANCE	
ECONOMIQUE ET DE LA PERFORMANCE A INNOVER DES	
LEADERS SUR LE MARCHE DE L'ARMEMENT	87
Introduction	87
Les déterminants concurrentiels et technologiques de la performance économique des groupes leaders sur le marché de l'armement	88
Les indicateurs de la valeur économique des entreprises.....	89
Evaluation des actifs intangibles technologiques.....	90
Le stock de R&D	91
Le stock de Brevets	91
Les stocks de citations et de top1%	91
La R&D et les brevets des entreprises technologiquement proches.....	92
Profils technologiques et variations de profils	92
La Diversité et la Cohérence technologiques	94
Les résultats obtenus sur la valeur de marché des entreprises (Tobin q)	95
Les résultats obtenus sur la valeur économique (actuelle) des entreprises (ROA)	101
Les déterminants de la performance à innover des groupes leaders sur le marché de l'armement	107
Les enjeux	107

Les mesures de la qualité technologique des brevets	107
Le Top 1 %	108
Indice d'originalité	108
Indice de généralité.....	109
Les résultats obtenus sur les déterminants des breakthrough Patent (top 1 %)	110
Les résultats obtenus sur les brevets les plus généraux (top 25 %).....	113
Les résultats obtenus sur les brevets les plus originaux (top 25%).....	114
Conclusion	116
Les références bibliographiques du chapitre	119
Annexes	121
Annexe 1 – liste des entreprises liées à la Défense du classement SIPRI 2010 et firmes sélectionnées pour ce rapport.....	121
Annexe 2 : statistiques et corrélations sur les performances technologiques et économique des groupes leaders de l'armement.....	125
Annexe 3 : Zoom sur les firmes leaders sur le marché de l'armement	127
Les firmes en fonction de la qualité technologique de leur portefeuille de familles de brevet européens.....	127
Les compétences de niche technologique : des compétences stratégiques pour les groupes leaders sur le marché de l'armement	131

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Résultats économétriques sur les déterminants des indicateurs de qualité technologique	28
Tableau 2 – Synthèse des resultants comparant les déterminants des 3 indicateurs de qualité technologique	36
Tableau 3 – Positionnement de la propriété intellectuelle des firmes liées à la Défense en fonction des marchés – comportements types.....	76
Tableau 4 – Taille du portefeuille de famille de brevets des groupes leaders sur le marché de l’armement.....	77
Tableau 5 – firmes leaders sur le marché de l’armement et n’ayant reçu aucune opposition sur leurs brevets européens en 2008.....	81
Tableau 6 – Matrice des oppositions pour les groupes liés à la Défense	85
Tableau 7 – résultats économétriques sur les déterminants de la valeur économique future (Tobin q).....	97
Tableau 8 Résultats économétriques sur l’impact de l’évolution des caractéristiques de l’entreprise sur sa valeur économique future (Tobin q).....	98
Tableau 9 – Résultats économétriques sur l’impact des concurrents technologiquement proches sur la valeur économique de l’entreprise	100
Tableau 10 – résultats économétrique sur la valeur économique actuelle des entreprises (ROA).....	102
Tableau 11 – Résultats économétriques pour l’impact de l’évolution des caractéristiques de l’entreprise sur sa valeur économique actuelle.....	103
Tableau 12 – Résultats économétriques pour l’impact des concurrents technologiquement proches sur sa valeur économique actuelle	105
Tableau 13 – Résultats économétriques sur l’impact des caractéristiques de l’entreprise sur les top 1 %	111
Tableau 14 Résultats économétriques de la stabilité des caractéristiques des firmes sur les TOP 1%	112
Tableau 15 – Résultats économétriques sur l’impact des caractéristiques des entreprises sur les brevets les plus généraux	113
Tableau 16 – Résultats économétriques sur l’impact des caractéristiques des entreprises sur les brevets les plus originaux	114
Tableau 17 – Tableau récapitulatif des déterminants de la valeur économique et de la capacité à innover des groupes leaders sur le marché mondial de l’armement	118
Tableau 18 – liste des domaines de compétences de niches des firmes leaders sur le marché de l’armement.....	131

LISTE DES FIGURES

Figure 1 – Positionnement des groupes leaders sur le marché de l’armement en termes de gestion de la propriété intellectuelle.....	74
Figure 2 Evolution (%) du nombre de familles de brevets (quelque soit l’office) comparée à l’évolution du portefeuille de brevets européens des firmes leaders sur le marché de l’armement entre 2002 et 2008.....	79
Figure 3 – Nombre d’oppositions reçues (>5) par firmes leaders sur le marché de l’armement en 2002 et 2008.....	81
Figure 4 - Taux d’opposition en 2002 et 2008 pour les groupes leaders sur le marché de l’armement	82
Figure 5 Proportion (%) des top 1 % et des brevets les plus généraux pour les leaders sur le marché international de l’armement pour l’année 2003.....	128
Figure 6 – Proportion (%) des brevets dans le top 1 % et les plus généraux dans le portefeuille de brevets européens des firmes leaders sur le marché de l’armement en 2008	128
Figure 7 Evolution en (%) 2003-2008 de la part de Top 1 % dans le portefeuille de brevets européens des leaders sur le marché de l’armement	130
Figure 8 – Nombre de familles de brevets européens par entreprise américaine dans les domaines de niches en 2008.....	132
Figure 9 – Nombre de familles de brevets européens par entreprises européennes dans les domaines de niches en 2008	132
Figure 10 – Nombre de familles de brevets européens par entreprises dans les domaines de niches technologiques stables sur la période 2003 – 2008.....	133

LISTE DES ENCADRES

Encadré 1 – Synthèse des déterminants de la valeur économique (future) des groupes Leaders sur le marché de l’armement	101
Encadré 2 – Synthèse sur les déterminants de la valeur économique (actuelle) des groupes leaders sur le marché de l’armement.....	106
Encadré 3 – Synthèse des résultats sur les déterminants de la performance à innover des leaders sur le marché de l’armement.....	116

SYNTHESE DES RESULTATS ET PERSPECTIVES

1. OBJECTIF DU PROJET : APPROCHES CONCEPTUEL, EMPIRIQUE ET METHODOLOGIQUE

Ce projet de recherche a pour objectif d'étudier les enjeux liés à la valeur et à la qualité des brevets, en prêtant une attention particulière aux spécificités des secteurs et en particulier aux entreprises leaders sur le marché international de l'armement. Il s'agit d'étudier les déterminants de la qualité technologique et la relation entre performance économique des entreprises et qualité du portefeuille de brevets.

Ce rapport est le rapport final rédigé par l'équipe composé de chercheurs de l'Observatoire des Sciences et des techniques (OST) et de l'Adis (Université Paris XI). Le premier rapport avait permis de faire un état de l'art sur l'analyse des spécificités des firmes et des domaines technologiques ainsi que sur la valeur des brevets. Le second rapport avait présenté la base de données économiques et technologiques constituée par l'équipe de recherche à partir des données issues de la base de brevets Patstat, enrichie à l'OST, et de la base de données comptables fournie par Orbis. Le troisième rapport, intitulé « les déterminants de la qualité technologique des brevets », avait présenté les premiers résultats obtenus sur les déterminants de la qualité technologique des brevets à partir de l'exploitation des données de brevets. Ce rapport final présente les résultats du projet, avec un focus particulier sur les firmes européennes et américaines du secteur de Sécurité et de Défense.

2. LES DETERMINANTS DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DES BREVETS : L'APPROCHE RETENUE

2.1 Les mesures utilisées pour la qualité technologique des brevets

Face à l'augmentation des dépôts de brevets, la qualité technologique des inventions brevetées est sujette à caution. L'enjeu est alors de pouvoir différencier les brevets en fonction de

l'importance technologique des inventions. Dans ce rapport trois indicateurs sont utilisés comme proxy de la qualité technologique des brevets :

- le nombre de citations reçues et le top 1 % (% de brevets dans les 1 % des brevets les plus cités) : ces deux indicateurs mesurent l'impact d'une invention sur les inventions qui vont lui succéder. Elles sont généralement associées à des inventions porteuses d'un potentiel d'innovation de rupture.
- et l'indice de généralité (qui mesure la variété des citations reçues provenant de domaines technologiques différents). Cet indicateur mesure en quelque sorte la portée générale de l'invention.

2.2 Les déterminants de la qualité technologique des brevets : les caractéristiques des secteurs, des firmes et des brevets

Si les indicateurs construits sur les citations constituent les mesures clés de la qualité technologique des brevets (variables à expliquer), il reste à comprendre quels en sont les déterminants clés (définir les variables explicatives). Trois dimensions peuvent contribuer à expliquer la qualité technologique des brevets :

- **Les caractéristiques des brevets.** Celles-ci sont de deux ordres : il s'agit des caractéristiques propres à l'invention et des caractéristiques liées à l'effectivité du droit de propriété intellectuelle.
- **Les caractéristiques des firmes.** Nous avons retenu les indicateurs de performances économique de l'entreprise (Tobin q et ROA) ainsi que les indicateurs permettant de caractériser les capacités technologiques de l'entreprise. Cette approche est fondée sur les théories associées aux ressources based-view qui soulignent que la capacité à innover des entreprises dépend de leur capacité à se différencier sur les marchés en tirant partie de leurs ressources. Les ressources des entreprises dépendent principalement de leurs compétences clés et de leurs capacités organisationnelles (Penrose, 1959 ; Peteraf, 1993 ; Teece & al, 1997). Nous avons retenu trois caractéristiques clés : (1) la taille de l'entreprise et (2) la base de connaissances de l'entreprise (mesuré par l'indice de

diversité et l'indice de cohérence technologique); et le profil technologique de l'entreprise à partir de la taxonomie proposée par Patel & Pavitt (1989)

- les **spécificités sectorielles**. Les indicateurs qui permettent de prendre en compte les spécificités sectorielles sont généralement associées au taux de concentration des acteurs, aux barrières à l'entrée du marché (mesurées par le taux de nouveaux entrants) ou encore à la dynamique d'innovation dans un secteur donné (mesurée très souvent par le taux de croissance des brevets dans le secteur). Nous avons aussi utiliser des indicateurs qui permettraient de mesurer la proximité du profil des principales firmes concurrentes.

Le tableau suivant résume les indicateurs pour caractériser les dimensions : secteurs, firmes, brevets

Dimensions	indicateurs	Stade d'utilisation dans les travaux de recherche
Secteurs	Taux de concentration des acteurs	OUI
	Barrière à l'entrée (taux de nouveaux entrants)	OUI
	Opportunités technologiques (taux de croissances des brevets)	OUI
Firmes	Taille (R&D et Stock de brevets)	OUI
	Diversité technologique	OUI
	Cohérence technologique	OUI
	Performances économiques (Tobin q et ROA)	OUI
Brevets Caractéristiques de l'invention	Basicness	OUI
	Originalité	OUI
	Nouvelles technologies	OUI
	Portée technologique	OUI
	Taille des équipes (Nombre d'inventeurs)	OUI
Brevets Effectivité du droit de propriété intellectuelle	Portée géographique	NON
	Brevets triadiques	OUI
	oppositions	OUI
	Taux de brevets délivrés	OUI

2.3 L'étude des déterminants de la qualité technologique des brevets : deux approches retenues, des résultats complémentaires

Plusieurs travaux se sont intéressés à étudier les déterminants de la qualité technologique des brevets. Toutefois ces travaux se sont concentrés soit sur un seul domaine d'activité soit sur une seule des dimensions (brevets, firmes ou secteurs)¹. A partir de l'ensemble des brevets déposés à l'office européen des brevets, nous avons exploré les déterminants de la qualité technologique des brevets sur les 35 domaines technologiques (nomenclature OMPI) et en prenant en compte les 3 dimensions (brevets, firmes et secteurs).

Pour cela nous avons retenu deux approches :

- La première approche vise à étudier si les déterminants de la qualité technologique des brevets sont les mêmes selon les indicateurs utilisés : top 1%, nombre de citations reçues et indice de généralité.
- La seconde approche est centrée sur l'identification des caractéristiques des secteurs et des firmes, qui influencent la production d'inventions porteuses d'innovation radicale (mesurées par le top 1% des brevets les plus cités). Il s'agit donc d'affiner les caractéristiques des firmes et des secteurs qui influencent le plus la qualité technologique des brevets.

Les résultats obtenus sont complémentaires. Les analyses sont détaillées dans les deux premiers chapitres de ce rapport. Les conclusions principales sont les suivantes.

Le premier article « *Measuring Patent Value : is there an advantage in using multiple indicators ?* » a permis de mettre en évidence que les déterminants des différents indicateurs de qualité technologique (top 1%, nombre de citations reçues, indice de généralité) sont en partie les mêmes et en partie différents. Les différences obtenues suggèrent que ces indicateurs mesurent bien des aspects différents de la qualité technologique. Ils ne sont donc pas substituables. Parmi les principaux résultats, on note que la taille du déposant augmente la

¹A quelques exceptions près. Par exemple, Fai(2007) sur un échantillon restreint d'entreprises s'est intéressé à étudier simultanément les deux dimensions (firmes et secteurs) pour étudier les déterminants de la qualité technologique des brevets.

probabilité d'être cité mais pas la portée générale des brevets. A l'inverse, une part importante des références cités par le brevet et issues de connaissances scientifiques augmente la probabilité que les inventions brevetées soient de portée générale mais diminue la probabilité d'être citées. En revanche, certains déterminants sont communs comme la taille des équipes (nombre d'inventeurs), la portée technologique des brevets ou encore l'originalité (la variété des champs technologiques mobilisés).

Le second article « *Breakthrough inventions, firms characteristics and technological sector dynamics* » a permis de mettre en évidence tout l'intérêt de dépasser les indicateurs traditionnels de taille et de diversité des firmes. En effet les premiers résultats montrent que si la taille influence positivement la probabilité d'un brevet d'être une invention radicale, une analyse plus fine (non réalisée dans le premier papier) montre que ce n'est pas tant la taille qui importe mais la capacité des firmes à être diversifiées et simultanément à mobiliser de nouvelles connaissances ou à investir un nouveau domaine qui joue un rôle majeur pour expliquer la production d'inventions porteuses d'innovations radicales. De même, les firmes qui sont à la fois de petite taille et diversifiées ont tendance à être plus innovantes que les autres. Les firmes diversifiées ont également tendance à davantage développer de nouvelles technologies que les autres, ce qui laisse supposer que les firmes disposant d'une base de connaissances diversifiées savent mieux tirer parti des opportunités technologiques. Les caractéristiques sectorielles influencent aussi les capacités d'innovation des firmes. Les premiers résultats obtenus tendent à montrer que pour les secteurs où le taux de croissance des brevets (i.e. la dynamique d'innovation est forte) et le taux de nouveaux entrants (i.e. les barrières à l'entrée du marché sont faibles) sont élevés, la qualité technologique des brevets diminue.

3. LES DETERMINANTS DE LA PERFORMANCE ECONOMIQUE ET TECHNOLOGIQUE DES FIRMES LEADERS SUR LE MARCHE DE L'ARMEMENT

L'analyse du secteur de la Sécurité et Défense porte sur les 30 premiers groupes européens et américains dans le classement du SIPRI 2010 et qui disposent d'un portefeuille de brevets européens. L'analyse est organisée en deux parties distinctes mais complémentaires.

Tout d'abord, nous analysons l'effet de portefeuille de brevets sur la valeur de l'entreprise. Trois types de déterminants sont pris en compte: (1) la qualité du portefeuille de brevets; (2)

la structure du portefeuille de brevets en termes de spécialisation (profil), diversité et cohérence technologique; enfin (3) l'environnement c'est-à-dire la concurrence technologique. Ensuite, nous analysons les déterminants de brevets les plus cités (top1%) dans ce secteur. Encore une fois, nous prenons en compte les caractéristiques du portefeuille de brevets ainsi que la spécialisation, la diversité et la cohérence technologique de l'entreprise. Pour cela il a été nécessaire de reconstituer les groupes et ceci sur la décennie 2000.

3.1 Les déterminants de la valeur économique des groupes leaders

Afin d'évaluer la valeur économique du groupe, deux indicateurs sont considérés :

- la valeur de marché mesurée par le Q de Tobin ;
- le rendement des actifs mesuré par le profit relatif aux actifs.

Ces deux indicateurs sont complémentaires car ils donnent deux approches de la valeur économique de l'entreprise. La valeur de marché donne en quelque sorte une mesure de la valeur économique « future » de l'entreprise alors que le rendement des actifs mesurés par le profit relatif aux actifs mesure la valeur économique actuelle de l'entreprise. Les deux estimations des valeurs économiques montrent des similarités et quelques différences. Dans les deux cas, la spécialisation et la diversité du portefeuille ont les mêmes impacts: significatifs positifs. En particulier les compétences de niches ont un impact positif. Il s'agit des domaines technologiques pour lesquels l'entreprise est plus spécialisée que ses concurrents même si la proportion de brevet dans le total de son portefeuille est relativement faible. A noter que les dynamiques d'évolution du profil technologique ont un impact positif sur la valeur économique future des entreprises. La diversité a un effet non linéaire : il existe un niveau optimal de diversité à partir duquel une diversité croissante a un impact négatif sur la valeur économique.

Aussi l'impact des entreprises technologiquement proches (profil technologique similaire) est le même dans les deux cas : l'intensité technologique des entreprises technologiquement proches a un impact positif sur la valeur économique de l'entreprise mais l'excellence technologique des concurrents mesurée selon les top 1 % a un impact négatif.

En revanche, la qualité moyenne du portefeuille (nombre moyenne de citations par brevet), impacte significativement la valeur économique de l'entreprise, mais ce impact est négatif indépendamment de la définition de la valeur économique considéré. Par contre, le nombre de

brevets fortement cités (top 1 %) de l'entreprise a un impact positif dans le cas de la valeur de marché à long terme mais il n'est pas significatif dans le cas des rendements des actifs (valeur actuelle). Le marché évalue donc en prospective l'impact positif des innovations qui ont pas encore eu effet sur les rendements des actifs. Les deux mesures de qualité, moyenne et excellence, montrent clairement comment la valeur économique est affectée davantage par la qualité technologique que la quantité d'inventions produites.

3.2 Les déterminants de la performance technologique des groupes

La performance des entreprises à innover, en particulier à produire des innovations radicales, constitue une question clé dans la littérature économique. Notre objectif ici a été d'analyser comment les capacités technologiques et organisationnelles des firmes leaders sur le marché de l'armement influencent leurs performances à innover. Nous avons fait cette analyse de manière comparative entre les firmes leaders sur le marché de l'armement et en caractérisant leurs capacités technologiques selon 3 perspectives :

- l'accumulation des connaissances et des investissements en R&D qui permet d'approximer les efforts et leur continuité en matière d'innovation
- la diversité et la cohérence des domaines technologiques couverts par les firmes.
- le profil technologique de chaque entreprise en termes des domaines de compétences.

La capacité à innover des entreprises est approximée ici à partir de trois indicateurs :

- les breakthrough Patent : Top 1 %
- les brevets les plus généraux : top 25 % pour l'indice de généralité
- les brevets les plus originaux : top 25 % pour l'indice d'originalité

Les résultats obtenus sur les déterminants des breakthrough Patent (top 1 %)

Les entreprises qui ont le plus grand nombre de brevets européens dans le top 1% sont celles qui logiquement investissent le plus dans la R&D et ont le plus grand nombre de familles de brevets. Le processus d'accumulation des connaissances et de la R&D a un impact important pour développer les breakthrough patent en particulier dans des secteurs comme l'aéronautique et la Défense où l'accumulation des connaissances et de l'expérience en raison des problèmes complexes à résoudre est centrale. Si la diversité technologique du portefeuille semble plutôt avoir un impact négatif, la cohérence semble en revanche avoir un impact

positif. Celle-ci apparaît donc ici comme un attribut des capacités technologiques clés des entreprises pour être capables d'innover.

Concernant le profil technologique, plus les entreprises ont des technologies dans les compétences de Niches ou Périphériques et plus elles ont de brevets dans le top 1%. Cela confirme le rôle stratégique des compétences de niches en particulier.

L'originalité des brevets a un impact positif sur le développement de brevets du top 1% mais pas la généralité. L'une des interprétations possibles pourrait être sectorielle : les entreprises Défense et aéronautique sont multi technologiques : elles intègrent et font appel à une grande variété de connaissances. Elles ont des pratiques qui les conduisent à aller chercher l'état de l'art technologique dans une variété de domaines, ce qui expliquerait un indice d'originalité élevé. En revanche les technologies brevetées par ces entreprises sont orientées sur des applicatifs Défense et aéronautique et intéressent peu les autres secteurs technologiques (généralité faible).

Les résultats obtenus sur les brevets les plus généraux (top 25 %)

L'accumulation des connaissances (stock de R&D et nombre de familles) a un impact positif sur la potentielle multi-application des technologies produites par une entreprise leader sur le marché de l'armement. Les brevets les plus généraux sont ceux qui se situent dans les compétences de niche et dans une moindre mesure dans les compétences périphériques. En revanche, la stabilité ou au contraire l'évolution des profils technologiques n'ont pas d'impact sur les brevets les plus généraux. Au regard des résultats obtenus, les compétences niches représentent finalement des compétences particulièrement stratégiques pour la capacité à innover de l'entreprise (top 1 % et généralité).

Les résultats obtenus sur les brevets les plus originaux (top 25%)

Contrairement aux résultats obtenus pour les Top 1 % et les brevets les plus généraux, les brevets les plus originaux ne dépendent que partiellement de l'accumulation des connaissances : le stock de R&D n'a pas d'effet sur l'originalité des inventions brevetées. L'effort de R&D n'influencerait pas le niveau d'originalité. La diversité technologique de la firme a un impact positif sur la production de brevets originaux.

Le tableau ci-dessous synthétise les résultats obtenus sur les groupes leaders sur le marché de l'armement.

Variables testées	Valeur Economique de l'entreprise		Performance à innover de l'entreprise		
	Valeur actuelle - ROA	Valeur future - Q de Tobin	Breakthrough Patent Top 1 %	Brevets généraux Top 25 % de l'indice de généralité	Brevets originaux Top 25 % de l'indice d'originalité
Stock R&D	++	++	++	++	
Top 1 %		++	Non testé	Non testé	Non testé
Diversité		+			+
Cohérence				+	
Diversité/cohérence	++				
Core competences					
Competences de Niches	++	++	+	+	
Competences périphériques			+		
Evolution du profil technologique	+	+			+
Stabilité des compétences de Niches	+	+			
Intensité technologiques des firmes technologiquement proches	+	+	ns	ns	ns
Excellence technologique des firmes technologiquement proches	-	-			

LES DETERMININANTS DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DES BREVETS

SECTION 1 - THERE CAN BE ONLY ONE: AN EMPIRICAL COMPARISON OF THREE FORWARD-CITATION PATENT QUALITY INDICATORS

L. Cassi, E.P. Gallié, V. Mérindol, A. Plunket

Article présenté pour la 14^{ème} conférence de l'International Society of Scientometrics and Infometrics en juillet 2013 à Vienne.

1. Introduction

Measuring the value of patents is considered a puzzle and this is true for different reasons (van Zeebroeck 2011). First, patent value includes multiple dimensions which are technological, economic and strategic. However, each of the off-the-shelf measures usually available is able to grasp only one of these dimensions rather than being able to illustrate the complete picture. Second, the distribution of patent value, whatever defined, is highly skewed and this increases the need for measures to be able to discern among patents. Finally, this latter issue has recently gained also a diachronic dimension. The upsurge in patent applications has raised a number of concerns regarding the possible decreasing value of patents (Hall, 2009). So, not only it is difficult to compare patents in terms of their value but it is even more challenging doing that over-time.

Given this context, it is not surprising that a growing number of recent studies try to explore new indicators. Similar efforts are also made by non-academic actors, such as private IP consultancies; Ocean Tomo, for instance, provides patent rankings to its clients. Patent value is mainly measured on indicators built with patent data. Two types of value indicators may be distinguished: ex-ante vs. ex-post. The former deals with technical content of inventions and it refers to the research team and the sources of knowledge incorporated in the invention

(Cassiman et al 2008; Fleming et al 2004; Kaplan et al 2012), while the latter concerns the *evaluation* of an invention received after having been published as a patent.

The ex-post value indicators can be classified in four categories according to the economic actor providing the evaluation: the applicant itself, the competitor, the patent office and the subsequent inventors. The first category relates to the applicant's strategy of protecting an invention; these indicators are associated with the economic value of a patent given by the applicant: family size, filing route, number of claims (Blind et al. 2009; Hagel, 2008), patent renewals (Pakes, 1986; Schankerman et Pakes, 1986). The second category deals with the number of oppositions as a proxy for the value given by competitors and it is closely linked to market shares (Harhoff et al. 2003, Reitzig 2004, Bessen 2006, Cincera 2008). The third category deals with the grant of a patent as a proxy for the value given by the patent office (Pottelsbergh, 2008). Finally, the fourth category deals with forward citations as patent indicators associated with the technological impact of inventions on future inventions (Trajtenberg 1990; Shane, 2001; Schoemakers et al., 2010; Dahlin et al., 2005).

More recently, some authors have also explored the possibility of defining composite indicators that combine a set of more or less standard ex-ante and ex-post indicators (van Zeebroeck 2011). The objective of this approach is twofold. First, this type of indicator can provide a more complete picture of different dimensions of patent value. Second, combining different indicators could compensate the drawbacks of some measures with the advantages characterizing another one. However, the cost of adopting such a similar solution could be the readability of the results and consequently of their interpretation.

Despite this vivid and open-ended debate, it is quite surprising that new indicators are not so largely diffused and that the majority of analyses actually refers to very few measures, essentially based on forward citations. This is probably due to the fact that this debate about new indicators is still limited to few 'specialists'. This can be explained by some lack of pedagogical effort while drawbacks and advantages of forward citations are widely known. However, the most likely explanation of the still wide use of these standard indicators probably resides in the relative easy access to citations data and their easy computation as well.

Patent citations are the references listed in the search report and are used to assess if an invention satisfies the novelty criterion needed for being granted. Citations refer to prior art and they solve an important legal function since they delimitate the scope of property rights of

awarded patents (OECD, 2009). Therefore, a forward citation (i.e. a citation received by a patent) provides information about the technological impact of an invention. Consequently forward citations and derived measures are usually assumed to capture social value or technological quality of patents. In the economic literature, three indicators based on forward citations are mainly used: number of forward citations, highly-cited patents (namely breakthrough patents) and finally the generality index.

Even if these three indicators are frequently considered, the choice of which of them to use is barely justified. Are these indicators equivalent? Or are they capturing different aspects of technological quality? When is it more appropriate to use one rather than the others? To our knowledge, a systematic cross-sector comparison of these indicators to answer such questions is surprisingly missing. The aim of this paper is to provide such an analysis in order to understand which of these indicators is more suitable and, if it is the case, under which conditions. To do so, we analyze a large dataset of European patent applications and we compare these three indicators taking into account three sets of variables that can explain their differences or similarities. These variables concern the patent, its applicant and technological domain characteristics. The rest of the paper is organized as follows. The second section presents the three indicators we are comparing. The third section lists the main key factors that can explain similarities and differences. Section 4 presents the database, the variables and the methodology. Section 5 presents the results and Section 6 concludes the discussion.

2. Patent quality measures based on forward citations

This section focuses on the three most used indicators based on forward citations: number of forward citations, highly-cited patents (i.e. breakthrough patents) and finally the generality index. However, they are not the only indicators based on forward citations, for instance: the Current Impact Index² or the technological score³. These other measures are definitely less common in the literature so we prefer to focus on the three mentioned above.

The number of forward citations is probably the most frequently used measure in the literature as a proxy for the technological impact of patents (Trajtenberg, 1990; Harhoff and al, 1997;

² The Current Impact Index (CII) captures the impact of an actor's patents (i.e. portfolio) on the technological community and the degree to which its patents contain important technological advances. It is a measure based on frequency of citation received by actor's portfolio in a given year.

³ The technological score is calculated as the rate at which patent are cited. This rate is normalized against a cohort group of patents selected by age and technological content. A high score generally points to strong positioning of a patent in an important technology area. The strength of this method is to be benchmarked.

Shoemakers et al, 2010; Dahlin et al., 2005; Reitzig, 2003). The distribution of patents in different years as well as their forward citations are highly truncated; as a consequence, the number of citations received cannot be simply compared (OECD 2009). The most current solution is to count the number of patent citations within a given period of time, e.g. five years after publication date. The number of forward citations has been shown to be strongly correlated with a number of economic indicators (Griliches 1990), such as inventors' estimate of future economic value (Harhoff et al.), the renewal fee payments (Harhoff et al. 1999, Lanjouw, Schankerman 2001), and firms' stock market value (Hall et al. 2005; Deng et al. 1999).

Concerning the highly-cited indicator, the main argument supporting its adoption revolves around the observed skewed distribution of patent citations. For instance, Albert et al. (1991) question the technological impact of a set of patents belonging to the firm *Kodak Eastman* based on experts' evaluations. They conclude that "most of the difference in impact seems to be concentrated at the very high end of the citation distribution. There seems to be virtually no difference in importance between patents that are never cited or cited only a few times. On the other hand, patents that are in the upper end of the citation distribution, say cited 10 or more times after five to 10 years, are the ones that are picked by knowledgeable experts to be of particular importance" (p.258). So, according to their *direct validation of citation counts*, the patent quality is not increasing with the number of citations received but there is a threshold in terms of the number of citations that distinguishes between patents with an important technological impact and patents with low or no impact. Moreover, in more statistical grounded exercises, Lanjouw and Schankerman (1999) show that patents cited more frequently are more likely litigated and Rysman and Simcoe (2008) found that they are more likely to be included into technological standards. According to these analyses, patents that belong to the right tail of the distribution are the important ones and consequently the analysis should focus on them rather than considering all patents. However, defining what "highly-cited" means can be quite a tricky issue. Usually, when specific inquiries are not available, it is difficult to define a threshold in absolute terms, e.g. 10 as in Albert and al.'s paper. The solution is usually to fix a threshold in relative terms. For instance, Trajtenberg (1990) focuses on the top 5% while Ahuja and Lampert (2001) refer to the top 1%. Both of them are calculated relative to a specific technological domain and period. These two assumptions are necessary in order, on one hand, to normalize some time effect and, on the other hand, to take

into account different citation practices characterizing technological domains and the effect of the different size for each domain (i.e. potential citing patents).

Henderson et al. (1998) and Trajtenberg et al. (1997) introduce another indicator based on forward citations called ‘generality index’, which measures to what extent citations come from distinct technological domains. If citations are made by patents of different technological content, the cited patent has presumably a wide technological impact because it spills over different technological domains. The measure used is normally the Herfindahl–Hirschman index⁴, which captures two dimensions of diversity (Stirling, 2007): variety (i.e. the number of different technological domains impacted) and balance (i.e. the distribution of the impact over the different technological domains). A high generality score suggests that the patent influences subsequent innovations in a variety of technological domains and in a uniform way. Therefore the generality index is assumed to capture the technological quality of a patent. Moreover, for Henderson et al. (1998) and Mowery and Ziedonis (2002), this measure is also correlated with the patents’ economic value, because, according to them, the generality index captures also the opportunities for an applicant to license.

To sum up, in this section we have briefly presented three very common measures of patent quality based on forward citations. The first one is the number of forward citations received and the main assumption is that technological impact of an invention is a positive function of the number of citations received. The second, highly-cited patents, is more peculiar since it assumes that under a specific number of citations received (i.e. the threshold) the social quality of patents is null while above that threshold it is positive. Said differently, only highly-cited patents matter. Finally, the generality index captures the social value of patents looking at the diversity of its impact over technological domains, assuming that a patent is valuable if it spreads over more than a specific domain and in a balanced way. In the remainder of the paper, we compare these three measures in order to highlight differences and similarities and we do so in a systematic way using an econometric exercise based on a large cross-sector dataset.

⁴ $HHI = \sum_i p_i p_i$, where p_i is the share of citations from patents of technological domain i . This index is indeed a concentration index and thus it is possible to obtain a diversity index calculating its complement to one. This latter is equivalent to Simpson measure of diversity, that is $S = \sum_{i,j} p_i p_j$, with $i \neq j$.

2.1 Determinants of patent quality

The scientific literature underlines the variety of characteristics of inventions, firms and sectors, but surprisingly, it does not systematically analyze how they could differently impact the technological patent quality indicators. This suggests implicitly that there is no significant difference between patent indicators, and that they are more or less similar. Our aim is to empirically check this hypothesis for the three indicators based on forward citations described in the previous section. Comparing the three indicators, we hypothesize no significant differences in terms of an invention's characteristics, while we expect the impact of applicant and sector characteristics to be more discriminating. In the following, we explain these general expectations.

Patent characteristics

Two main features characterize patents: the technical content of inventions and the scope of property rights. The empirical literature stresses that both contribute to patent value.

The technical content of inventions refers to the sources of knowledge incorporated in the invention (Cassiman et al 2008; Fleming et al 2004; Kaplan et al 2012) and to the research team. The nature and the variety of knowledge sources are always considered as important features of innovations. The most creative inventions are based on the accumulation of knowledge and experience. Gibbons et al. (2001) and Foray (2004) underline how the combination of various technological and scientific knowledge is important to understand how major innovations and processes of diffusion of innovations emerge. As a consequence, we propose that this variety (scientific and technological) positively influences the technological quality of patents whatever the indicator chosen.

Four measures are usually adopted in the literature. First, backward citations are used as a proxy for the source of technological knowledge. Backward citations have been found to be positively related to the value of a patent (Harhoff et al., 2003). Second, the recombination of technological knowledge can be measured by the originality index (Hall et al., 2001). The originality of a patent increases with the variety of patent classes in the prior art mobilized and their distribution. For instance, Rosenkopf and Neckar (2001), in their analysis of the variety of knowledge sources for radical inventions, conclude that these inventions are more likely to cite patents from other technological classes than from their own. Third, the scope index is an indicator measuring the coverage of technological domains. It refers to the

different IPC classes assigned to the patent by the inventor and the examiner (Fleming, 2001; Kaplan and Lerner, 1994). Patent visibility is considered to be higher when its technological coverage is large. Finally, the non-patent-literature citations are considered as a measure of the contribution of science to industrial technology (Narin et al., 1997). They may reflect how close a patented invention is to scientific knowledge (Callaert et al., 2006); thus, they are a proxy for the source of scientific knowledge or usually called the basicness of inventions (Gittelman and Kogut, 2003).

The second characteristic related to the technical content of invention concerns the team of researchers. The complexity of the knowledge base involves also large teams in order to increase the creation of new technological solutions (Gibbons and al, 2001). Moreover, recent changes in the production of innovation imply that various forms of collaboration are more important than before. This suggests that the most valuable inventions depend on the capacity to mobilize different know-how. Singh and Fleming (2010) show that a team of researchers generates more breakthrough inventions than individual researchers.

The second main set of patent characteristics relates to the coverage of the associated property rights and the potential market value. Matutes et al. (1996) investigated patent protection regimes, in particular the length and scope of patent protection, and suggest that the scope of a patent should be used to foster the early disclosure of fundamental innovations (Squarzini et al., 2013). Four types of indicators are used in this framework: triadic patents, geographical scope, granted patent, and opposition (Sapsalis et al., 2012). The geographic scope and the triadic nature of patents are proxies for the size of the potential market for technologies. Applicants might be willing to accept additional costs and delays of extending protection to other countries only if they deem it worthwhile. Being granted matter for patent quality and recent literature (Harhoff and Wagner, 2009) have suggested an inverse relationship between the value and the length of time necessary to be granted. Finally, oppositions show the importance of the patent for competitors; it is therefore associated with its value.

Applicants and sectors characteristics

The applicants' technological leadership and the related strategies are important factors explaining the social value of patents. The literature suggests that the size, the diversity and the nature of applicants contribute to explain the quality of patents. We globally suppose that the applicant's characteristics influence technological patent quality in different ways.

The firms' technological and organizational capabilities determine their capacity to innovate and to reconfigure knowledge (Patel and Pavitt, 1997; Teece et al., 1997). Scholars point out that mastering a diversified knowledge base explains the innovation rate (Patel and Pavitt, 1997; Breschi et al. 2003). This holds especially for large applicants. The diversity of their knowledge base is part of their absorptive capacity and facilitates inventions based on recombination of various technological domains (Breschi et al. 2003; Garcia Vega, 2006). Moreover, it increases the capacity to identify new technological opportunities and new markets' exploitation. The diversity of the applicant's knowledge base may explain why they own valuable patents.

The applicant's position on markets for technologies explains the emergence of strategic behaviors related to the citations processes. Stuart and Podolny (1996) explain that there is a strong social component to the citation process: patents are more likely to be cited if the patent owner holds many previous patents, or if it holds a leadership in a specific technological domain. Forward citations partially result from the applicant's position in the market (Dahlin et al., 2005; Sterzi 2012). Because of their visibility, large firms with patents have more opportunities of being cited as they have more patents.

Sector and technologies also matter. Important discrepancies emerge from the dynamics of innovation, market structures, and knowledge properties. Technological regimes explain the different strategies for patenting (Orsenigo et al., 2010). Moreover, patents play a different role in term of appropriabilities according to the sector. Practices of citations could be different as well. Clearly, patents belonging to different technological categories diverge far more in terms of citations *received* than in terms of citations *made*. In general, traditional technological domains cite more and are cited less, whereas emerging technologies are more cited but are in between in terms of citations made (Hall et al., 2002).

However, most empirical works focus on specific technological domains such as semiconductors (Hall et al., 2001) or biotechnology (Lerner, 1994) rather than cross-sector dataset. Thus, it is difficult to assess the role played by sector specificities. In our analysis, we introduce technological domain dummies to cope with technological specificities; this should solve the difficulty raised by the comparison of citation counts across times and technological domains (Hall et al., 2001). Besides, we also capture some of the technological domain characteristics when measuring concentration and the share of new entrants.

3. Data, variables and estimation strategies

The data used in this analysis come from the OST- PatStat database (2011, April edition). PatStat is the most comprehensive patent dataset covering more than 80 patent offices all over the world. Our analysis focuses on equivalent patent groups having at least one European application among its members and with a priority date between 1999 and 2006. The information concerning patent citations (backward and forward) comes from the whole database (i.e. 1990 up to 2010).

Equivalent patents have been identified adopting the standard definition (i.e. patents having exactly the same set of priority dates) and following the rules suggested by Martinez (2010) in order to solve priority-date chains and loops. This definition is also known as a *strict* definition of patent family because the patents belonging to the family are assumed to cover exactly the same invention. The oldest priority date has been assigned to each equivalent group of patents.

In the case that more than one European patent belongs to the same equivalent group, we have decided to select only the oldest one among them; in this way we obtain one-to-one correspondence between the patent and the equivalent group. This does not imply a loss of generality but simplifies the analysis, since there is some information that concerns patents (e.g. legal events, such as oppositions) and other that makes sense treating only at the level of equivalent groups, such as citations. In this context, patent and equivalent group are therefore treated as synonymous. Concerning the citations, we follow OECD practices and consider, for the backward citations, all the citations reported in the patent application document independently of patent offices cited, and, for forward citations, we retain only those citations made to patents belonging to equivalent groups with at least a European application. Thus, we limit the forward citations to European equivalents only in order to avoid bias linked to the citation practices of each patent office. In both cases, backward or forward citations, we always refer to the citations for equivalent group and never to a single patent.

We adopted two further restrictions in order to assign patents to applicant and sector variables without any arbitrary assumption. First, concerning applicants, we eliminate all the patents applied by more than one organization. Second, we do not consider those patents that do not belong to a unique technological domain. Actually, patent officers classify each patent according to the IPC classification. Each patent can be easily assigned to more than one IPC

code. Following WIPO classification (35 domains)⁵, we have classified each patent to some domain according to IPC codes. It may happen that some patents have been assigned to more than one of WIPO's 35 domains. If it is the case and if, for a patent, it has not been possible to identify a predominant domain (i.e. having a relative majority), this patent has been excluded from our selection. These two further restrictions have been adopted only for selecting the patent sample and not to calculate the explanatory variables (e.g. number of citing patents or applicant's diversity). Finally, from the 907,544 original equivalent groups with at least one European Patent over the period 1999 and 2006, we reduced our sample to 663,589 patents, i.e. 73.12% of the starting population.

The original data have been treated in order to improve their reliability. In particular we have identified a code for each applicant. PatStat does not provide a unique code identifying applicants over different applications so we have run an algorithm able to aggregate applicants given their name's similarity and geographical localization (country level). In this way, it was possible to give a unique code to the same applicant. Given the procedure adopted, we can assume that the code assigned is able to identify organizations at the plant-level. So the applicant variables used in our empirical exercise concern this level of the analysis, the most disaggregated one. This implies that the intragroup relations have not been taken into account. Moreover the self-citations have been identified using this applicant code as well.

Dependent variables and models

We estimate the same model for each of the three indicators in order to ease comparisons even if the estimation procedure is necessarily different given the different nature of dependent variables (e.g. count vs. binary) and their distribution (i.e. degree of skewness). The general specification is the following:

$$\text{Patent quality index} = \beta_0 + \beta_1 \text{patent characteristics} + \beta_2 \text{applicant characteristics} + \beta_3 \text{sector characteristics} + \text{technological Area dummies} + \text{years dummies} + \varepsilon$$

We estimate three indicators of the patent quality. The first one is **forward citations**: number of forward citations received in the five years period after the priority date and excluding self-citations. We estimate a zero-inflated negative binomial model in order to take into account the large number of observations with none forward citations.

⁵ http://www.wipo.int/export/sites/www/ipstats/en/statistics/patents/pdf/wipo_ipc_technology.pdf

The second dependent variable is the **top1%**: it identifies breakthrough inventions which indicate highly cited patent families. It takes the value 1 if the patent family is among the 1% most cited patents within the same priority year and technological area (Singh and Fleming, 2010) and 0 otherwise. The variable is based on the number of forward citations received by the patent family within the first five years after the priority date without self-citations. We estimate a probit regression model of the likelihood that a patent is among the most cited patent families.

The third dependent variable is the **generality**: it measures the extent to which the impact of a patent is spread across different technological domains, rather than concentrated in a few technologies (Henderson et al. 1995). We compute the unbiased index \hat{G} following Hall (2000). The generality index is computed on the basis of the Herfindahl index of the number of citations received by the patent family i in each technological domain k , $Nciting_{ik}$ over a period of five years.

$$Generality_i = 1 - \sum_{k=1}^{Ni} \left(\frac{Nciting_{ik}}{Nciting_i} \right)^2$$

According to Hall (2005), this measure can be biased downward especially if the number of counts (i.e. number of forward citations) is small as a consequence of “statistical properties of count data and Jensen’s inequality” (p.149). Therefore she proposes the following normalisation:

$$\hat{G}_i = \left(\frac{Nciting_i}{Nciting_i - 1} \right) Generality_i$$

The unbiased generality corrects this bias by normalizing the index using the number of forward citations received during a five years period ($Nciting_i$). We estimate this model using a Tobit regression.

All these indicators based on citations require making a specific assumption about how to treat self-citations, i.e. forward citations coming from a patent belonging to the same applicant as the focal patent. Should they be included or not? In the great majority of papers, independently of the assumption made, this choice is poorly argued. One notable exception is Mowery et al (2002). They argue that self-citation concerns more the strategies of the applicant, for instance in terms of cumulativeness of its knowledge, rather than patent social

impact or technological quality. So it is possible to conclude that including or excluding self-citation depends on the objective of the analysis. Thus, if the analysis aims at evaluating the social impact of an invention, self-citation should not be considered. Actually that is what we do in the rest of the paper eliminating self-citations at the applicant level - that is, all citations for which the cited and citing patents belong to the same applicant.

The independent variables

We estimate the impact of patents' and applicants' characteristics on the patent value. Concerning patent characteristics, we test several variables following recent research (Singh and Fleming, 2010; Cassiman et al. 2008): the *number of inventors* involved in the invention; the *patent technological scope* (i.e. the number of technological domains to which the patent refers); the *basicness* which is the *share of non-patent references* (i.e. the number of references to scientific publications and other documents over the total of references); and *originality*, which is a measure of the technological diversity of citations made by the focal patent. It is computed similarly to the unbiased generality index except it is based on backward citations. Finally, we computed the weight of self-citation over the total citation received by a patent (*share of self-citations*) in order to capture the degree of cumulativeness relative to the past inventive activity of the applicant.

We do also introduce other controls for the quality of patents: if it is granted (*granted*), if it is triadic (*triadic*) and if it has been opposed (*oppositions*).

Regarding the applicant's characteristics, we consider *the depreciated stock of patents over 5 years* (measured in thousands of patents). This variable captures the level of technological inventiveness of an applicant. The stock of patents is a signal for the size of the applicant and for the anteriority of its technological activities. We do also consider the applicant's *technological diversity*. It is computed as the inverse of the Hirschman-Herfindhal index (Leten et al. 2007). It indicates if the applicant's patents are spread over technological areas. It is a proxy for the technological diversity of its capabilities. Finally we define two dummies in order to identify if the applicant is localized in a European country (*European applicants*) and if it is a public institution (*Public organization*), for instance a university, rather than a firm.

At the technological domain level, we limit our analysis to the following variables. The first one concerns the degree of *concentration*, based on the share of patents over a moving window of five years and is measured by the Hirschman-Herfindhal index. Secondly, we

computed the share of patents applied for by new actors (*New entrants*) relative to the previous five years period.

Technological domains (i.e. WIPO classification) and year fixed effects are introduced, in every equation, in order to account for systematic differences across technologies and years. Finally, to control possible correlations between patent quality within the same applicant, we use robust standard errors that are clustered on the applicant's identifier.

4. Results

In this section, we present and compare the results of our estimations for the three quality patent indicators. For each index, we run two regressions (Table 1): the first ones (i.e. models 1, 3 and 5) include ex-ante indicators of patent quality, variables at the applicant and sector level; the second ones (i.e. models 2, 4 and 6) add to the previous ones the ex-post index patent quality⁶. The first specification deals exclusively with the *determinants* of patent quality, while the second one considers also some ex-post measures of patent quality in order to see the degree of correlation between these measures with the three indexes under analysis. The comments on results are organized by groups of variables, which facilitates comparison between the three patent quality indexes.

Tableau 1 Résultats économétriques sur les déterminants des indicateurs de qualité technologique

VARIABLES	Forward citations	Forward citations	top1%	top1%	Generalit y	Generalit y
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Patent characteristics						
Scope index	0.041*** [51.88]	0.040*** [51.28]	0.029*** [10.66]	0.029*** [10.54]	0.011*** [14.95]	0.011*** [14.53]
Originality index	0.229***	0.234***	0.198***	0.202***	0.523***	0.522***

⁶ We have also run three other specifications, starting with patent characteristics as the basic model, and then adding the variables defined at the applicant level and finally the variables at the sector level. However, the coefficients and significance levels are not affected by the introduction of other variables. This shows the robustness of the results provided. However, for sake of simplicity, these tables are not included in the paper. They are available upon request.

	[19.38]	[19.81]	[8.68]	[8.86]	[49.16]	[49.10]
Patent basicness	-0.246***	-0.231***	0.165***	0.152***	0.067***	0.064***
	[-16.14]	[-15.24]	[-4.72]	[-4.35]	[5.14]	[4.95]
Number of inventors	0.086***	0.086***	0.061***	0.062***	0.009***	0.009***
	[53.33]	[53.31]	[10.39]	[10.69]	[7.94]	[7.88]
Share of self-citations	-0.144***	-0.141***	-0.052+	-0.054+	-0.034**	-0.033**
	[-9.23]	[-9.05]	[-1.66]	[-1.71]	[-2.92]	[-2.81]
Granted patent		0.054***		0.065***		-0.026***
		[7.57]		[5.05]		[-5.50]
Oppositions		0.264***		0.187***		0.021**
		[19.18]		[8.77]		[2.82]
Triadic patent		0.035***		0.019		0.000
		[4.98]		[1.13]		[0.02]
Applicant characteristics						
Size (Stock)	0.014***	0.013***	0.011***	0.011***	-0.006+	-0.006+
	[6.53]	[7.15]	[4.42]	[4.22]	[-1.70]	[-1.77]
Diversity index	-0.009***	-0.009***	-0.006	-0.006	0.014***	0.014***
	[-7.80]	[-8.08]	[-1.57]	[-1.57]	[9.44]	[9.52]
European applicant	-0.035***	-0.047***	0.039	0.032	0.030*	0.031**
	[-4.53]	[-6.19]	[1.38]	[1.12]	[2.55]	[2.68]
Public organization	0.014	0.022	0.043	0.051	-0.011	-0.012
	[0.86]	[1.41]	[1.07]	[1.28]	[-0.81]	[-0.92]
Sectors characteristics						
Concentration	-20.562***	-22.297***	23.602*	24.553*	16.390**	16.506**
	[-3.59]	[-3.92]	[-2.09]	[-2.16]	[-3.31]	[-3.33]
New entrants	0.332***	0.360***	0.027	0.040	0.184***	0.182***
	[10.22]	[11.19]	[0.52]	[0.77]	[7.20]	[7.11]
Year dummy variables						
Year 2000	-0.187***	-0.185***	-0.047+	-0.045+	-0.046***	-0.047***
	[-16.02]	[-15.81]	[-1.95]	[-1.88]	[-6.81]	[-6.93]

Year 2001	-0.352***	-0.341***	-0.068**	-0.060*	-0.109***	-0.111***
	[-29.19]	[-28.17]	[-2.61]	[-2.31]	[-14.45]	[-14.67]
Year 2002	-0.363***	-0.348***	-0.083**	-0.069**	-0.169***	-0.172***
	[-29.57]	[-28.30]	[-3.20]	[-2.66]	[-20.77]	[-21.11]
Year 2003	-0.365***	-0.337***	-0.032	-0.010	-0.220***	-0.225***
	[-27.83]	[-25.58]	[-1.17]	[-0.37]	[-23.77]	[-24.06]
Year 2004	-0.502***	-0.465***	0.006	0.035	-0.255***	-0.261***
	[-34.17]	[-31.47]	[0.20]	[1.14]	[-21.12]	[-21.53]
Year 2005	-0.666***	-0.615***	0.030	0.067+	-0.262***	-0.270***
	[-36.89]	[-33.97]	[0.87]	[1.96]	[-17.04]	[-17.30]
Year 2006	-1.068***	-1.003***	-0.011	0.035	-0.285***	-0.295***
	[-46.61]	[-43.48]	[-0.28]	[0.91]	[-13.01]	[-13.25]
Technological dummy variables						
Audio-visual technology	0.436***	0.452***	0.138	0.154	0.217***	0.215***
	[8.96]	[9.34]	[1.40]	[1.55]	[5.67]	[5.63]
Telecommunications	0.349***	0.363***	0.163+	0.175*	0.213***	0.213***
	[7.53]	[7.90]	[1.84]	[1.96]	[5.87]	[5.88]
Digital communication	0.393***	0.383***	0.183	0.184	0.157**	0.160**
	[6.01]	[5.92]	[1.60]	[1.60]	[3.16]	[3.25]
Basic communication processes	-0.064	-0.048	0.236*	0.245*	0.256***	0.257***
	[-1.06]	[-0.80]	[2.22]	[2.31]	[5.67]	[5.71]
Computer technology	-0.059	-0.063+	0.099	0.102	0.024	0.024
	[-1.59]	[-1.71]	[1.42]	[1.46]	[0.91]	[0.91]
IT methods for management	-0.889***	-0.946***	0.049	0.048	-0.199*	-0.201*
	[-7.04]	[-7.52]	[0.37]	[0.36]	[-2.52]	[-2.55]
Semiconductors	0.140***	0.154***	0.008	0.017	0.129***	0.126***
	[4.97]	[5.49]	[0.16]	[0.34]	[6.14]	[6.00]
Optics	0.302***	0.309***	0.111	0.118+	0.162***	0.161***
	[9.06]	[9.31]	[1.59]	[1.70]	[5.53]	[5.52]
Measurement	0.219***	0.224***	0.007	0.010	0.167***	0.166***
	[10.89]	[11.23]	[0.16]	[0.21]	[9.22]	[9.23]
Analysis of biological materials	0.367***	0.351***	-0.117	-0.121+	0.250***	0.249***
	[9.44]	[9.05]	[-1.60]	[-1.65]	[10.93]	[10.91]
Control	0.035	0.024	-0.025	-0.032	0.149***	0.148***
	[0.92]	[0.64]	[-0.40]	[-0.52]	[5.79]	[5.78]
Medical technology	0.288***	0.273***	0.022	0.016	-0.133***	-0.133***
	[13.29]	[12.65]	[0.50]	[0.36]	[-5.72]	[-5.71]

Organic fine chemistry	0.405*** [12.12]	0.401*** [12.07]	-0.097 [-1.10]	-0.103 [-1.15]	0.148** [3.14]	0.147** [3.12]
Biotechnology	0.441*** [17.72]	0.434*** [17.44]	-0.101+ [-1.90]	-0.102+ [-1.92]	0.110*** [4.97]	0.108*** [4.92]
Pharmaceuticals	0.718*** [36.66]	0.705*** [36.12]	- [-4.49]	- [-4.54]	-0.064** [-3.22]	-0.065** [-3.28]
Macromolecular chemistry, polymers	0.282*** [10.74]	0.270*** [10.34]	-0.046 [-0.75]	-0.059 [-0.97]	0.371*** [15.17]	0.373*** [15.26]
Food chemistry	0.281*** [7.04]	0.260*** [6.52]	-0.053 [-0.63]	-0.065 [-0.77]	0.164*** [5.51]	0.163*** [5.52]
Basic materials chemistry	0.378*** [13.80]	0.365*** [13.35]	-0.070 [-1.33]	-0.080 [-1.51]	0.269*** [11.07]	0.269*** [11.05]
Materials, metallurgy	-0.055+ [-1.84]	-0.076* [-2.56]	-0.100+ [-1.88]	-0.111* [-2.09]	0.214*** [9.75]	0.214*** [9.76]
Surface technology, coating	-0.002 [-0.07]	-0.009 [-0.28]	-0.071 [-1.06]	-0.075 [-1.12]	0.323*** [15.19]	0.322*** [15.19]
Chemical engineering	0.127*** [4.53]	0.120*** [4.28]	-0.096+ [-1.79]	-0.099+ [-1.84]	0.341*** [16.19]	0.340*** [16.18]
Environmental technology	0.202*** [5.45]	0.182*** [4.93]	0.018 [0.23]	0.008 [0.10]	0.259*** [9.67]	0.261*** [9.81]
Handling	-0.114** [-3.28]	-0.138*** [-4.01]	0.026 [0.42]	0.008 [0.13]	0.097*** [3.63]	0.100*** [3.75]
Machine tools	-0.175*** [-5.21]	-0.195*** [-5.88]	0.043 [0.66]	0.027 [0.41]	0.035 [1.11]	0.037 [1.20]
Engines, pumps, turbines	0.232*** [4.04]	0.238*** [4.18]	0.250* [2.11]	0.251* [2.10]	0.017 [0.26]	0.022 [0.34]
Textile and paper machines	0.259*** [7.87]	0.251*** [7.66]	0.162* [2.39]	0.151* [2.23]	0.130*** [3.67]	0.134*** [3.81]
Other special machines	-0.120*** [-3.68]	-0.138*** [-4.27]	0.027 [0.45]	0.013 [0.22]	0.116*** [3.74]	0.118*** [3.82]
Thermal processes and apparatus	-0.172*** [-4.23]	-0.168*** [-4.16]	0.013 [0.19]	0.014 [0.20]	0.087** [2.59]	0.087** [2.61]
Mechanical elements	-0.192*** [-6.62]	-0.208*** [-7.24]	0.084+ [1.75]	0.068 [1.42]	-0.025 [-0.97]	-0.021 [-0.80]

Transports	0.142*** [5.87]	0.127*** [5.30]	0.118* [2.55]	0.100* [2.15]	-0.085*** [-3.67]	-0.079*** [-3.41]
Furniture, games	0.036 [0.75]	0.028 [0.59]	0.094 [1.13]	0.086 [1.04]	-0.011 [-0.30]	-0.008 [-0.23]
Other consumer goods	0.190*** [4.79]	0.193*** [4.96]	0.139+ [1.84]	0.131+ [1.75]	0.050 [1.45]	0.052 [1.49]
Civil engineering	-0.316*** [-7.18]	-0.307*** [-6.97]	-0.049 [-0.69]	-0.056 [-0.78]	-0.011 [-0.29]	-0.009 [-0.23]
Constant	-0.977*** [-22.05]	-1.053*** [-23.78]	- 2.669*** [-32.02]	- 2.738*** [-33.72]	-0.388*** [-10.72]	-0.371*** [-10.25]

Robust t-statistics in brackets

*** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05, + p<0.1

The estimation methods are different given the nature of each dependent variable. For *forward citations* (models 1-2), due to skewed distribution, models have been tested with a negative binomial zero-inflated model. The Vuong test confirms that the negative binomial model should be preferred to the Poisson model. The zip test confirms the superiority of negative binomial zero-inflated model over Poisson zero-inflated model. For top1% (models 3-4), we use a probit model and finally for generality index (models 5-6) we use a tobit regression.

Patent characteristics

Not surprisingly, the patents' characteristics strongly contribute to explain patent quality, independently of how it is measured. The three measures are positively affected by the degree of diversity characterizing the invention captured by its technological scope and by the diversity of the source used (i.e. originality index). The more a patent is diversified, the more it is valuable. The same is true for the number of inventors, which affects positively the three indicators. This is not surprising since the number of inventors is usually considered as a measure of the effort made by the applicant.

Some differences emerge concerning the role played by scientific knowledge in the inventive process (i.e. basicness): positive for generality, negative for the number of forward citations and highly-cited patents. The positive impact of basicness on the generality index can be

explained by the fact that the nearer a patent is to basic research, the more its future developments will be diversified. A basic invention can more likely be used in highly diversified contexts as an input for further inventions. This would imply citations from different technological domains and therefore a high value of the generality index. However, our results also show that a patent with a large proportion of non-patent references has a smaller probability to get citations and, *a fortiori*, to be highly cited. These results contradict partly the empirical literature (Kaplan and Vakili, 2012); the fact that most papers work on science-based sectors, such as biotechnologies, may probably explain these differences. However, differently from other studies (Kaplan and Vakili, 2012) using absolute numbers of non-patent literature, in this paper we test the share. Actually, we have tested the number of non-patent references as well and their impact on highly cited patents is positive. The different results given the choice made (i.e. absolute vs. share) can be explained by the fact that the quality of patents increases with the number of scientific references but when it is predominant, the effect on the number of forward citations becomes negative because the invention is too far away from commercialization.

Finally, the ratio of self-citations over the total of backward citations, which stands for cumulateness, has a negative impact on the three measures. This is not necessarily surprising, given that we have eliminated self-citations from the computation of the forward citations: very cumulative patents mean that an applicant is deeply exploiting its knowledge base and this makes its inventions very specific. Thus, these patents are more likely cited by the applicant itself rather than some other actors. So the number of citations received is pretty limited and probably very similar in terms of technological content. This could explain the negative effect on the three measures analyzed.

Concerning the ex-post measures, we get more diversity. The number of oppositions has a positive effect in the three specifications. This is not surprising because oppositions and citations received can be interpreted as proxies for the degree to which technological domain is crowded and competitive. The effect of being granted is somewhat more puzzling: the impact is negative for generality and positive for forward citations and highly cited patents. Further inquiries are necessary in order to get some insights about this result.

Finally, the triadic patent family definition has been traditionally interpreted as a necessary ‘filter’ to get the most valuable patents worldwide. This seems to be true only for the number of forward citations, but not for the other two measures: generality and highly cited patents

are not affected. This result questions how much this filter is updated relative to the emergence of new important technological markets such as the BRICs (Brazil, Russia, India and China). However, this question should deserve a deeper analysis, namely over a longer number of years (de Rassenfosse et al., 2013)

Finally, the year dummies should confirm the decreasing quality of patents over time, since the value of the coefficients is negative and increasing. However, this does not hold for highly-cited patents. This can be explained by the definition of the variable itself, which is calculated by year: the time effect is not captured by year dummies because it is already taken into account by the indicator by construction.

Applicant characteristics

The applicant's characteristics have different impacts on the three indicators. The size of assignees in terms of patenting increases the probability of receiving citations and a fortiori to be a breakthrough patent. The opposite is true for generality index but only at the threshold of 10%. Large applicants seem to produce less generic patents than smaller ones.

A more interesting difference concerns diversity of the patent portfolio: the impact is positive for forward citations, not significant for highly-cited patent and negative for generality. However it is helpful to interpret size and diversity simultaneously. For forward citations, patents of bigger and less diversified organizations are relatively more cited while for breakthrough inventions it is rather a matter of size over diversity. Thus, patents owned by diversified applicants receive fewer citations and they have a lower probability to be highly cited. By contrast, the diversity has a positive impact for the generality index. In a sense, this result may seem surprising as stock and diversity are correlated and large applicants are generally more diversified. Our interpretation is that diversity really captures the technological dispersion of applicants rather than the size and those more diversified applicants really invent more generic patents, whatever their size.

As we focus our analysis on EPO patents, we control for the impact of the assignee's nationality. The underlying idea is that non-European applicants may apply for European patents only for their high valued patents, which would create a selection bias since non-European patents would then outperform European ones. Again, we get three different results: the impact is negative for forward citations, not significant for highly-cited patents and positive for generality. In the case of highly-cited patents, there seems to be no differences

between European and non-European applicants, suggesting no selection bias. However, the bias seems to exist for the forward citation index, but we are inclined to interpret this more in terms of specificities of the office practices in terms of citations. In any case, if there is a bias, it is not so problematic because it does not concern the most valuable ones: the non-European patents receive more citations but there is no difference in the probability to be a highly cited patent. Finally, the European applicant dummy has a positive effect on generality index, suggesting that non-European applicants choose to ask for protection especially for more near-to-the-market inventions rather than general ones, that are likely to be more basic and relatively far from commercialization. This suggests that a self-selection mechanism is at work.

Finally, the results also show that being a public institution does not impact patent quality, independently of how it is measured. This differs from some previous evidence, for instance Sterzi (2012), which finds that firms are more cited than public organizations.

Sector characteristics

The sectors impact is analyzed through sector fixed effects. The results show differences between technological domains. The main difference is found for highly-cited patents for which technological dummies are rarely significant, while they are for the other two measures. Again, this could be explained by the construction of the breakthrough patent index, since highly-cited patents are identified technology by technology. So the effect of technology is neutralized by construction.

The other important conclusion found is that technologies, or more generally sectors, matter a lot in determining the level of patent quality. It is mainly linked to the citation habits. In order to further indicate how sector differences may influence patent quality, we investigate two specific factors, namely sector concentration and the share of new entrants. The results show that concentration matters, negatively reducing the quality of patents, whatever the indicator adopted. New entrant has a positive impact for forward citations and generality but it is not significant for highly-patent citations. The main conclusion is therefore that the role of incumbents, especially if they are relatively big, is detrimental for patent quality. This is probably due to the fact that bigger players tend to patent everything they can and evaluate later on their actual benefit. This is essentially true for two reasons. First, they are less sensitive to the cost of patenting. Second, the internal evaluation of application opportunities can be a complex task in large organizations as it is a collective process involving different

actors (e.g. firm units). Smaller applicants (especially firms) are more self-selective given the burden of the cost of patenting on their budget and, furthermore, the evaluation process related to the opportunity to apply for a patent is simpler, i.e. less dispersed.

The following table summarizes the obtained results. It allows us to compare the variable and to quickly see if a variable has a positive or negative effect (or is not significant) and as a consequence, if the variables considered have the same impact on the three indicators.

Tableau 2 – Synthèse des resultants comparant les déterminants des 3 indicateurs de qualité technologique

		Forward citations	Top1%	Generality
Patent characteristics				
Ex-ante	Scope index	+	+	+
	Originality index	+	+	+
	Patent basicness	-	-	+
	Number of inventors	+	+	+
	Share of self-citations	-	-	-
Ex-post	Granted patent	+	+	-
	Oppositions	+	+	+
	Triadic patent	+	-	-
Applicant characteristics				
	Size (Stock)	+	+	-
	Diversity index	-	ns	+
	European applicant	-	ns	+
	Public organization	ns	ns	ns
Sectors characteristics				
	Concentration	-	-	-

New entrants	+	ns	+
--------------	---	----	---

5. Conclusion

Our paper allows us to characterize the differences between three patent quality indicators. The results obtained suggest that the choice of indicators is not perfectly neutral: the indicators of technological patent quality are only partly similar, and to different degrees. The highly-cited patents and forward citations are relatively similar since 12 out of 16 variables give the same results. However, when these two are compared with the generality index, we get respectively 8 and 9 variables reporting the same results.

In more qualitative terms, our results show that highly-cited patents and forward citations indicators are very similar in terms of patent characteristics (exception: triadic patent), but they have some differences when applicant (e.g. diversity) and sector characteristics (e.g. new entrants) are taken into account. An important difference however concerns dummy variables, such as year and technological domains. Both of them end-up being not significant for the highly-cited patents indicator, making this latter indicator more appropriate since less sensitive, by construction, to specificities. As a consequence, we think that the highly-cited patents indicator is a better indicator since it allows time and cross-sector comparisons.

The highly-cited patents indicator differs importantly from generality. In terms of patent characteristics, the difference concerns basicness that is significant and positive for the generality index. This is not surprising: generality captures better the inter-sector value because it focuses on the potential development of a patent, in other terms diffusion. Concerning the applicant level variables, all of them impact differently on the indicators. The only exception is public organization that is not significant in each specification. Similar diversity concerns the sector level variables. With the exception of concentration, all the other variables affect differently the three indicators.

We conclude that the highly-cited patents indicator is the more suitable indicator because it is less sensitive to technological or temporal specificities. However, generality index better captures the social dimension of patent quality, and it should be adopted if diffusion and inter-sector effect are the main focus.

Our analysis suffers of a series of limitation that deserve further effort in order to be solved. First, a huge effort should be made to improve the data, especially in the identification of corporate groups. Second a greater variety of variables should be taken into account, especially at the sector level. Finally, our results are based on EPO patents and their robustness should be checked using other patent offices, for example, the USPTO.

6. References

- Ahuja C., Lampert C.M. (2001) "Entrepreneurships in large corporations: a longitudinal study of how established firms create breakthrough inventions", *Strategic Management Journal* 22, pp. 521-543
- Albert M.B.; Avery D., Narin F., McAllister P. (1991), "Direct validation of citation counts as indicator of industrially important patents", *Research Policy* 20, pp. 251-259
- Baron and Decamp (2010) "The private and social value of patents in discrete and cumulative innovation", *Scientometrics*, February 2012, Volume 90, pp 581-606.
- Bessen, J. 2008. The Value of US Patents by Owner and Patent Characteristics, *Research Policy* 37 (5), pp.932-945.
- Blind, K. &, Cremers K.; Mueller E. (2009). "The influence of strategic patenting on companies' patent portfolios,". *Research Policy*, vol. 38(2), pages 428-436, March.
- Breschi S., Lissoni F. ;Malerba F. (2003), « Knowledge relatedness in firm technological diversification », *Research Policy* 32, pp . 69-87
- Cassiman B., Veugelers R., Zuniga P. (2008). In search of Performance effects of in (direct industry science links.*Industrial and Corporate Change*. 17 (4).. 611-646
- Cohen, W.M.; Goto, A.; Nagata, A.; Nelson, R.R.; Walsh, J.P. (2002): R&D spillovers, patents and the incentives to innovate in Japan and the United States. In: *Research Policy*, 31, pp. 1349-1367
- Czarnitzki D.,Hussinger K. and Schneider C. (2008) Commercializing Academic research.The quality of Faculty Patenting.*ZEW Discussion paper* N0 08-069.
- Dahlin K. & Behrens D.M. (2005), "When I an invention really radical ?Defining and measuring technological radicalness", *Research Policy* 34 (2005), pp. 717-737
- Fleming L. and Sorenzon O. 2004.Science as a map in technological search.*Strategic Management Journal* 25.909-928.
- Frietsch R., Schmoch U., Van Looy B., Walsh J.P., Devroede R., Du Plessis M., Jung T., Meng Y., Neuhausler P.L, Peeters B., Schubert T. (2010) *The value and Indicator Function of patents*, Franhofer ISI, Karlrushe
- Garcia Vega M., 2006. Does technological diversification promote innovation ?an empirical analysis for European Firms. *Research Policy* 35, pp. 230-246.
- Gay C., Lebas C., Patel P., Touach K. (2005), "The determinants of Patent citations: an empirical analysis of French and British Patents in the US", *Economics of Innovation and New Technology* vol. 14 (5), pp. 339-350.
- Gittelman M. and Kogut B. (2003). Does Good Science Lead to valuable knowledge? Biotechnology Firms and the evolutionary logic of citation patterns.*Management Science*, 49(4), pp. 366-382
- Hall B.H., Jaffe A. and Trajtenberg M., 2005 Market value and patent citations, *RAND Journal of Economics*, 36, pp. 16-38.
- Hall B.H., Jaffe A., Trajtenberg M. (2005), Market value and patent citations, *RAND Journal of Economics*, Vol. 36, pp. 16-38

Hall D., Jaffe A. & Trajtenberg M. 2001. *The NBER patent citation dataFile : lessons, Insights ad Methodological tools*. NBER working paper 8498.

Harhoff D., Scherer F. and Vopel K., 2003. Citations, Family Size, Opposition and the value of Patent Rights – evidence from Germany. *Research Policy* 32 (8), pp. 1343-1363.

Harhoff, D. et. (2003). "Citations, family size, opposition and the value of patent rights," *Research Policy*, vol. 32(8), pages 1343-1363, September.

industry,". *Research Policy*, vol. 32(1), pages 13-26, January.

Kaplan S. & Vakili K. (2012), Identifying breakthroughs: cognitive vs economic, *Druid Conference*, June, Copenhagen

Mowery D. & Ziedonis A. 2002. Academic patent quality and quantity before and after the Bayh-Dole act of 1980. *Research Policy* 31 (3). 399-418.

OCDE. (2009). *Manuel de l'OCDE sur les statistiques des brevets*. OCDE.

Orsenigo L. & Sterzi V. 2010. Comparative Study of the use of patents in different industries. *working paper n°33/2010*. KITES. Université de Bocconi, Milan

Pakes A. (1986), "Patents as options: Some estimates of the value of holding European patent stocks", *Econometrica*, 54, 755-784

Patel P. and Pavitt K (1997) The technological competencies of the world's largest firms : complex and path-dependent, but not much variety. *Research Policy* 26, pp.141-156.

Pottelsbergh, C. P.N. v. (2008). "Filing strategies and patent value,". *Working Papers CEB 08, 016.RS*, ULB Université Libre de Bruxelles

de Rassenfosse, Gaétan & Dernis, Hélène & Guellec, Dominique & Picci, Lucio & van Pottelsberghe de la Potterie, Bruno, 2013. "The worldwide count of priority patents: A new indicator of inventive activity," *Research Policy*, Elsevier, vol. 42(3), pages 720-737

Reitzig, M. (2003). "What determines patent value?: Insights from the semiconductor industry,". *Research Policy*, vol. 32(1), pages 13-26, January.

Rosenkopf L. and Nerkar A. 2001. Beyond Local Search: Boundary-spanning, Exploration, and Impact in the Optical Disc Industry, *Strategic Management Journal*, 22, pp. 287-306

Schankerman, M. et Pakes, A. (1986), "Estimates of the value of patent rights in European countries during the Post-1950 period", *Economic Journal*, 97: 1-25

Schoenmakers W. & Duysters G. (2010), « The technological origins of radical inventions », *Research policy* 39, pp 1051-1059

Shane S. (2001), "Technological opportunities and new firm creation", *Management science*, vol 24 (2), pp. 205-220.

Singh J. and Flemming L., 2010. Lone inventors as source of breakthroughs: myth or reality? *Management Science*, 51, pp. 41-56

Stuart, T.E., Podolny, J.M. (1996). Local search and the evolution of technological capabilities. *Strategic Management Journal* 17, 21–38.

Teece D.J., Pisano G. Shuen A. (1997) Dynamic capabilities and strategic management" *Strategic Management Journal* 18 (7), pp. 509-533.

Trajtenberg, M. (1990). A Penny for your Quotes : Patent Citations and the Value of Innovations. *The RAND Journal of Economics* .

Ziedonis R.H. (2004), « Don't Fence me in : fragmented markets for technologies and the Patent acquisition strategies of firms", *Management science* vol. 50 (6), pp. 804-820

Annexe : Data Statistics

Table A : Statistics of the variables

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Forward citations	436268	.6872863	1.672688	0	130
Top1%	436268	.0111079	.1048069	0	1
Generality	170462	.4438613	.4309748	0	1
Size (Stock)	436268	.7822448	2.163722	.001	47.28116
Diversity index	436268	5.67591	3.35843	1	22.58746
European applicant	436268	.3539636	.4781986	0	1
Public organization	436268	.0429828	.2028185	0	1
Scope index	436268	4.147446	3.930872	1	105
Originality index	436268	.648042	.3188802	0	1
Patent basicness	436268	.2676144	.2439454	0	.9904762
Number of inventors	436268	3.820214	1.979198	1	54
Share self-citation	436268	.1006082	.2246146	0	1
Concentration	436268	.0049555	.0033034	.0010337	.013434
New entrants	436268	1.021411	.3157291	.59325	4.690832

Table B : Correlation of the dependant variables

	Forward citations	Top1%	Generality
Forward citations	1		
Top1%	0,53*	1	
Generality	0,09*	0,03*	1

* p<0.05

SECTION II - BREAKTHROUGH INVENTIONS, FIRM CHARACTERISTICS AND TECHNOLOGICAL SECTOR DYNAMICS

L. Cassi, E.P. Gallié, V. Mérindol, A. Plunket

Article présenté pour la conférence DRUID en juin 2013 à Barcelone.

1. Introduction

The rapid rise of patenting over the past twenty years has raised a number of concerns regarding the value of patent rights and their underlying inventions. Although R&D efforts have increased during this period, the growth of patents has been twice as large in some industries, such as semiconductors (Hall and Ziedonis, 2001). The increase in patent productivity could be considered as an indicator of increased innovation and future economic growth. However, a number of recent papers suggest that the value of patents has decreased over time. Among the many reasons for this pattern, two are particularly key: firm patenting behavior and industry/technology characteristics.

First, although firms increase their patent filings to protect their inventions in order to build or maintain their technological leadership, they do also increasingly patent in a strategic way as they build up very large portfolios either to block rivals or to forestall hold-up situations (Blind et al. 2005). Second, the industry and technology characteristics also tend to favor patent filings and strategic behaviors. Technological opportunities have increased filings by new entrants as well as incumbents in industries based on information and communication technologies or biotechnologies, for example (Hall, 2005). In complex product industries, where each product combines many patents held likely by different firms, filing growth has been consistently faster, as compared to discrete technologies, for which a product consist of a single patent. Consequently, companies increase patent portfolio size in order to augment their bargaining power in patent disputes (Noel and Schankerman, 2006). It has been argued that these patenting strategies tend to reduce their values, and as a result, companies tend apparently to accumulate low value patents that do not represent real inventions but rather aim first and foremost to hinder innovation by rivals (Blind et al. 2008).

Although, an increasing number of papers attest this pattern, we lack large systematic cross-sector studies analyzing these issues. The aim of this paper is to investigate how firm characteristics, on the one hand, and the industry/technology characteristics, on the other hand, affect the value of their patents. Following the recent literature, we consider breakthrough patents, namely the top 1 most cited patents. This indicator is calculated based on the number of forward citations received, excluding self-citations at the patent family level. Based on this indicator, we investigate the extent to which company and industry characteristics affect the value of patents, thus answering the following questions: what determines the technological quality of patents? What type of assignees file breakthrough patents? There is a long-standing discussion questioning whether radical innovations emanate from small companies rather than incumbents. However, the size of the company is not a sufficient factor. Its degree of diversity and its relative technological position may also determine its propensity to file high quality patents. We also investigate the role firm's patent behavior. Finally, the characteristics of the technological area may moderate these findings. It is presumable that small innovators may file high quality patents when technological opportunities are high rather than in very mature technologies, where large incumbents may benefit from knowledge accumulation.

The article is organized as follows: section 2 presents the review of the literature on the measure of the quality of patent and the firm patent behavior. Section 3 explains the structure of the database and the variables used. Section 4 presents the results of our estimations. Section 5 concludes.

2. Review of the literature

2.1. Measuring the quality of inventions

The value of inventions may be measured in different ways. Most studies consider the technological value of individual patents based on forward citations, probably because these measures are easily available despite their known drawbacks. Breakthrough patents or inventions correspond to the most cited ones, either at the top 5 or top 1 percent (Trajtenberg, 1990, Ahuja and Lampert, 2001, Singh and Fleming, 2010, Kaplan and Vikili, 2012). The economic value may be evaluated through the patent right based on the cost of renewals (Schankerman and Pakes, 1986; Bessen, 2008) or through surveys asking patent holders to assign monetary values to individual patents (Harhoff et al. 2003; Gambardella et al. 2008).

Finally, the economic value of patent portfolios has been assessed through its market value (Hall et al. 2005; McGahan and Silverman, 2006). These studies converge to show that economically important patents are also technically important ones, that is, the number of forward citations also explains the monetary value.

Among the determinants of forward citations and breakthrough inventions, the focus has been mainly on the scope of property rights, the technical content of inventions, as well as the inventor team characteristics. The quality of patents is assessed through the coverage of the associated property rights that are used as indicators of their market value such as the number of claims or the fact that patents are triadic or have a large geographical scope; these indicators are used as proxies for the size of the potential market for technologies (Sapsalis and Von Pottelsberghe de la Potterie, 2012). The knowledge or technical content of patents do also play a significant role for explaining their value (Cassiman et al 2008; Fleming et al, 2004; Kaplan and Vakili, 2012) based on the idea that more creative inventions imply a variety and a combination of accumulated knowledge and past experience. First, inventions incorporating more scientific knowledge, proxied by the number of non-patent literature such as scientific research papers, generate more valuable patents (Harhoff et al. 2003; Cassiman et al. 2008; Czarnitski et al. 2008; Gittelman and Kogut, 2003). Second, teams of researchers generate more economic and cognitive breakthrough patents than do lone inventors (Singh and Fleming, 2010; Kaplan and Vikili, 2012). Third, the recombination of knowledge captures the emergence of new technological ideas. Backward citations are generally considered as a proxy for the sources of knowledge. Radical inventions are more likely to cite patents belonging to other technological classes than those of the focal patent (Rosenkopf and Nerkar, 2001). The recombination of technological knowledge may also be measured by the originality index (Hall et al., 2001), that is, the variety of technological classes in prior art or simply the coverage of the technological classes, that is, the number of IPC – International Patent Classifications – codes characterizing the focal patent.

However, these patent characteristics are not the only determinants of breakthrough patents. The firms' technological characteristics may also play a role, and this role may be moderated by the technological sector dynamics, which is discussed in the next two sections. Thus, this article intends to test the firms' characteristics moderated by sector characteristics once patent characteristics have been controlled for.

2.2. Firm technological characteristics and patenting behavior

The technological characteristics of firms as well as their patenting and learning behavior are known to influence their technological leadership and performance.

Entrepreneurial perspective on innovation often assumes that small size innovators or new companies are more inclined to introduce radically new and path-breaking innovations since they are more flexible, less subject to technological path-dependence and inertia (Christensen and Bower, 1996). For these reasons, small companies have an advantage in managing technological change and they may more easily exploit opportunities to develop more radical innovations.

However, these arguments of flexibility and size have been called into questions. First, the fact that small companies are more innovative than large ones seems to be verified only in some specific contexts depending on the maturity of technologies, the size of markets and type of competition (Katula and Schane, 2005). Second, larger companies have a higher propensity to do research, benefit from cumulative innovations and have the opportunity to explore large technological areas. On the one hand, some authors equate technological specialization and knowledge accumulation. Kim and Kogut (1996) argue that larger firms are more innovative because they are more specialized and have the opportunity to build on prior experience in innovation activities. On the other hand, large and multinational companies act on different product markets, and use larger knowledge bases to cope with increasingly complex products and technologies (Breschi et al. 2003). These companies are even more innovative given that they develop and use technologies that are not only at the core of their competences but also at their periphery (Patel and Pavitt, 1997). And this diversity enables them to combine and recombine diverse knowledge bases thus favoring the capacity to innovate and produce radical inventions (Garcia Vega, 2006; Abernathy and Clark, 1985). And indeed, it is now well known that large diversified incumbents do play a significant role as a source of innovation (Patel and Pavitt, 1997; Breschi et al. 2003; Leten et al. 2007) and even of major innovations (Méthé et al. 1996).

For these reasons, the debate has shifted from new and small innovators to new innovators to the industry. Thus, the key question is not necessarily the size of innovators, but rather, their level of diversification and their capacity to use their already existing and accumulated knowledge to enter new technological sectors and markets. As highlighted by Tushman and Anderson (1986), if major technical changes often originate from firms outside the industry,

they are not necessarily introduced by small firms, but rather by large diversified firms coming from other industries. As a consequence, two types of large firms may be distinguished - industry incumbents and diversified entrants (Methe et al. 1997). First, industry incumbents have been shown to be major sources of innovations especially when knowledge is highly cumulative (Méthé et al, 1996), second diversified established firms entering new industries are also major innovators since they benefit from possible cross-fertilization and technology fusion (Leten et al. 2007). However diversification also could have a cost inducing diminishing returns, for instance an inverted u-shape relationship with technological performance (Leten et al. 2007).

As a consequence, we expect large and diversified firms to have a higher propensity to produce breakthrough patents. Companies may have difficulties producing breakthrough patents when entering new technological fields, unless they are diversified.

Besides their size and their level of diversification, the firms' patenting and learning behavior are also determining to understand how breakthrough patents are produced. Ahuja and Lampert (2001) show that companies filing patents based on technologies in which (1) they have no prior experience, or (2) that are based on newly developed technologies tend to create more breakthrough inventions. Our assumption is that firms producing patents based on novel or emerging technologies have a higher propensity to file breakthrough patents. In this paper, we do not only consider these sources of inventions, but we do also consider to what extent diversified or small innovators gain advantage when they have these types of patenting and learning behaviors.

2.3. Technological sector characteristics

The relationship between the firms' characteristics, especially diversity and the learning behavior and performance may also be more complex and context specific. First, technological diversification depends on technological sectors' characteristics (Patel and Pavitt, 1997; Stephan, 2002). There is a high variance in technological diversification not only across firms but also across technological sectors, which needs to be controlled for in order to capture how technological diversification affects the quality of inventions. Thus, the fact that large incumbent firms have an innovative advantage may be moderated by industry characteristics such as market concentration or technological opportunities (Acs and Audretsch, 1990; Malerba and Orsenigo, 1996; Fai, 2007; Castellani et al., 2010).

3. Data and variables

3.1. Sample construction

Data used in this analysis come from OST-PATSTAT database (2011, October edition). PATSTAT is the most comprehensive patent dataset covering more than 80 patent offices all over the world. The analysis focuses on equivalent patent group having at least a European application among its members and with priority date between 1999 and 2006. The information concerning patent citations (backward and forward) comes from the whole database (i.e. 1990 up to 2010).

Equivalent patents have been identified adopting the standard definition (i.e. patents having exactly the same set of priority dates) and following the rules suggested by Martinez (2010) in order to solve priority-date chains and loops. This definition is also known as a *strict* definition of patent family and is assumed to aggregate patents covering exactly the same invention. The oldest priority date has been assigned to each equivalent group of patents.

In the case that more than one European patent belongs to the same equivalent group, we have decided to select only the oldest one among them: in this way we obtain one-to-one correspondence between patent and equivalent group. This does not imply a loss of generality but simplifies the analysis, since there is some information that concerns patents (e.g. legal events, such as opposition) and other that makes sense treating only at the level of equivalent groups, such as citations. In this context, patent and equivalent group are therefore treated as synonymous. Concerning the citations, we follow OECD practices, to consider, for the backward citations, all the citations reported in the patent application document independently of patent offices cited, and, for forward citation, to consider only those citations made to patents belonging to equivalent groups with at least a European application. Thus, we limit the forward citations only to European equivalents in order to avoid bias linked to the citations practice of each patent office. In both cases, backward or forward citations, we always refer to the citations for equivalent group and never to a single patent.

We adopted three further restrictions in order to assign patents to firm and sector variables without any arbitrary assumption. First, concerning firms, we have eliminated all the patents applied by more than one organization. Second, we have not considered those patents that do not belong to a unique technological domain. Indeed, patent officers classify each patent according to IPC classification. Each patent can be easily assigned to more than one IPC

codes. Following WIPO classification (35 classes), we have affected each patent to some classes according to IPC codes. It could happen that some patents have been assigned to more than one of WIPO 35 classes. If it is the case and if, for a patent, it has not been possible to identify a predominant class (i.e. having a relative majority), this patent has been excluded from our selection. Please note that these two further restrictions have been adopted only for selecting the patents sample and not to calculate the explanatory variables (e.g. number of citing patents or firm diversity). Finally, we restrict our sample to private applicants, i.e. firms. Finally, from the 907,544 original equivalent groups with at least a European Patent over the period 1999 and 2006, we reduced our sample to 562,523 patents, i.e. 61.98% of the starting population.

The original data have been treated in order to improve their reliability. In particular we have identified a code for applicant. PATSTAT does not provide a unique code identifying firm over different applications so we have run an algorithm able to aggregate applicants given their name's similarity and geographical localization (country level). In this way, it was possible to give a unique code to the same applicant. Given the procedure adopted, we can assume that the code assigned is able to identify organization at the plant-level. So the firm variables used in our empirical exercise concerns this level of the analysis, the most disaggregated one. This implies that the intragroup relations have not been taken in account. Moreover the self-citations have been identified using this firm code as well.

3.2. Variable description and model

3.2.1. Dependent variable

The dependent variable identifies *Breakthrough* inventions, which indicate highly cited patent families. It takes the value 1 if the patent family is among the 1% most cited patents within the same application year and technological area (Singh and Fleming, 2010) and 0 otherwise. The variable is based on the number of forward citations received by the patent family within the first 5 years after the priority date without self-citations.⁷

We estimate a probit regression model of the likelihood that a patent is among the most cited patent families.

⁷ In the Appendix, we report the same specifications using the number of forward citations within a five year window (self-citations excluded) as the dependent variable using a Negative Binomial model in order to check the robustness of our results.

$$\text{Breakthrough} = \beta_0 + \beta_1 \text{ Firm Characteristics} + \beta_2 \text{ Sector Characteristics} + \beta_3 \text{ Controls} + \text{Technological Area indicators} + \text{years dummies} + \varepsilon$$

Technological area and year fixed effects are introduced in order to account for systematic differences across technologies and years. Finally, to cope with possible correlation between patent quality within the same firm, we use robust standard errors that are clustered on the firm's identifier.

3.2.3. The independent variables

We estimate the impact of firm and sector characteristics on the patent value, controlling for patent characteristics.

Regarding firm characteristics, we consider *the stock of patents over 5 years*. This variable captures the level of technological inventiveness of a firm. In order to identify possible differences between various categories of firms, we distinguish three categories of innovators, whether they are small (first quartile), medium (second and third quartile) or large (fourth quartile). The quartiles have been computed for each year and technological area and based on the stock of patents over 5 previous years. We expect the size to have a positive impact on the probability of producing a breakthrough patent.

We do also consider the *firm's technological diversity*. It is computed as the inverse of the Herfindhal index (Leten et al. 2007). It indicates if the firm's patents are spread over technological areas. We expect this variable to have an inverted u-shape relationship with performance.

Following Ahuja and Lampert, (2001), we identify novel and emerging technologies. To identify novel technologies, we use two indicators: *New IPC code to the firm* is a dummy equal to 1 when the focal patent is characterized by an IPC code which has not been used in the four previous years, and 0 otherwise. Since an IPC code may be too restrictive, we do also consider *New technological area to the firm* which takes the value 1 if the patent belongs to a technological area new to the firm and 0 otherwise. We do also consider if the patent is based on the most recent technologies. *Emerging technologies* takes the value 1 if the focal patent cites other patents that have been applied for during the previous two years. Although these

variables may be also considered as patent characteristics, we do consider them rather as indicators of the companies' technological behavior and especially the fact that they are broadening their knowledge bases and use or compete with the most recent inventions.

Regarding sector characteristics, we consider three variables: *New entrants*, the *Technological Area Patent Growth* as well as the *Concentration* of each technological sector. These variables are computed at the technological area level. The first two variables are supposed to be proxies for technological opportunities. Concentration is rather a variable characterizing the fact that most inventions within a sector are issued by a limited number of firms.

The regression analysis employs several control variables regarding patent characteristics. Among the many possible controls (see section 2.1), we decided to focus on a limited number, thus following recent research (Singh and Fleming, 2010; Cassiman et al. 2008): the *Number of inventors* involved in the invention; the *Patent technological scope* (i.e. the number of technological areas to which the patent refers), the *Number of non-patent references* (i.e. the number of references to scientific publications and other documents), the *Number of patent reference* (i.e. the number of patent backward citations) and finally the fact that the patent is *granted* or not.

The following table provides some descriptive statistics for the variables. The correlation matrix is reported in the appendix.

Table 1. Descriptive statistics

Variable	# Observations	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Small	562523	.2344224	.4236377	0	1
Medium	562523	.5077037	.4999411	0	1
Large	562523	.2578739	.4374646	0	1
Patent stock - 5 years	562523	796.0563	2534.939	1	58429
Firm technological diversity	562523	4.670185	3.248304	1	20.04718
New IPC code to the firm	562523	.4112419	.4920594	0	1
New tech. area to the firm	562523	.1676074	.3735176	0	1
Emerging technologies	562523	.4762579	.4994364	0	1
New entrants	562523	1.022673	.3383843	.59325	4.690832
Technological Area Patent Growth	562523	1.739858	8.009798	-25.2381	106.1404
Concentration	562523	.0047116	.0032638	.0010337	.013434
# inventors per patent	562523	3.673174	1.934391	1	62
# of Non Patent ref.	562523	1.516361	2.984792	0	117
Patent scope	562523	3.962172	3.844164	1	98
# of patent ref.	562523	2.659116	3.285405	0	211
Granted	562523	.3591711	.4797579	0	1

4. Results

Table 2 shows the results of the probit model estimations for the **basic configurations including patent controls and firm usual characteristics**. Models 1 and 2 confirm the previous literature investigating the impact of size and technological diversity. First, the size of assignees in terms of patenting strongly contributes to explain highly cited inventions. Second, technological diversity does have an inverted u-shape relationship with technological

performance (Leten et al. 2007). This last result is significant controlling for technological and year fixed effects. However, it does not hold once the patent characteristics are controlled for, diversity remains only slightly significant and more over it becomes negative which now contrasts with previous results (Model 4 to 8). This suggests that breakthrough inventions are rather a matter of size over diversity (Model 7) and that specialized firms are more likely to introduce breakthrough patents (Model 7 and 8). This does also show that the link between firms' characteristics and breakthrough patents is far from being as simple as Model 1 and 2 suggest.

Before testing more complex characteristics of firms, we present the patent characteristics effects. Confirming the literature, Model 4, with only patent controls, highlights the importance of patent characteristics. Indeed, every patent control has a positive and surprisingly very stable impact. Thus, the number of inventors, the number of backward citations (from patent and from non-patent references), the patent scope and the fact that the patent is granted highly influence the probability of the patents to be a breakthrough patent.

These results mean that patent characteristics are more important than firms' characteristics to explain breakthrough patents. However, the fact that the firms' size and diversity remain significant does also suggest these specific mechanisms have to be distinguished from invention related aspects usually emphasized in the literature.

Table 3 further investigates this result by considering **how the firms' characteristics contribute to explain important inventions**. In particular, we introduce proxies that evaluate the firm's capability to investigate new technological areas and to mobilize new knowledge bases. Interactions between variables are also introduced.

Table 3 shows three interesting results. First of all, when a small assignee, in terms of patenting, is diversified, it has a higher probability to make a breakthrough⁸ (Model 2). This supports the view that, in some cases, small firms have higher probability than larger ones to radically invent. Indeed, it seems that it is the combination of size and diversity which allows this result, and suggests that firms with small patent portfolios spread over few technological areas find it easier to keep technological coherence, thus increasing its ability to file highly cited patents (Leten et al. 2007). This result also confirms the work of Katula and Shane

⁸ This situation corresponds to companies for which the level of technological diversity is around 10 on a 20 scale (see descriptive statistics).

(2005) in which, small firms produce more radical innovation in specific contexts. The difference here is that we do identify a firm characteristic while they consider external effects such as sector.

Moreover, even though the firm's capacity to patent in a new technological area has no impact *per se* (Model 5), it positively influences breakthrough patenting when associated with diversity (Model 6). This result suggests that there is a learning effect due to diversification. Diversified firms are more able to identify technological opportunity in other domains. This is in line with Cassiman et al. (2005) and Henderson and Cockburn (1996). This result also confirms that diversified incumbents coming from outside the industry/technological sector are more able to make a breakthrough in other domains (Tushman and Anderson, 1986).

Finally, the capability of firms to use recent knowledge, measured by *emerging technologies variable*, strongly impacts the probability of breakthrough patents confirming Ahuja and Lampert's results (2001) (Model 7). This suggests that firms that use and/or compete with the latest inventions, are probably also at the technological frontier, and thus they are more likely to invent top technologies. On the other hand, being diversified does not provide a premium to companies using emerging technologies; the interaction with diversity is not significant.⁹

Thus introducing more precise firm characteristics contributes to a better understanding of breakthrough patents, confirming their role as another mechanism underlying outstanding inventions. . Thus, beyond more traditional indicators such as diversity and size, our approach highlights the need for more information on the firms' capability to mobilize new knowledge-bases and access new markets, proxied by new technological area to the firm. Indeed, when we characterize more precisely firms, we observe that their basic characteristics become even less important, as diversity and size do not remain significant. This suggests that size, when tested alone, is a proxy of other firms' characteristics, however when estimated with other variables, it becomes less important in determining breakthrough patents.

Table 4 tests **how technological sector characteristics may explain the quality of patents and moderate firm characteristics**. First, the sector fixed-effects have already shown strong specificities (see Table 2). However, in order to further investigate the dynamics of technological areas, three sector characteristics are tested: *New entrants* and *Patent growth* as proxies for technological opportunities, as well as *Concentration*. *New entrants* and *Patent*

⁹ This result is not reported in the paper. It is available on request from the authors.

growth appear to have a negative impact on the quality of patents. This result could be linked to the recent debate on patent upsurge indicating that sectors in which the patent rate is high is probably a sector in which less valuable patents are applied for (Hall, 2005), but this raises a need for further investigations. However, the impact is positive if associated with diversity. Diversified firms in technological areas with a high patent growth are more likely to file for breakthrough patents. By contrast, it is surprising that concentration does not impact the probability to breakthrough.

Finally, when we introduce firms and sector variables in the same model, the results are rather stable, which confirms the need to take into account firms and sector specificities in order to analyze the quality of patents (Table 5).

Table2. Breakthrough Patents – Basic regressions & Controls

	Specification search							
VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
FIRM VARIABLES								
Firm technological diversity	0.033***	0.021*	-0.001		-0.002	0.000	-0.005+	-0.007+
	[4.12]	[2.39]	[-0.38]		[-0.24]	[0.06]	[-1.72]	[-1.75]
Firm technological diversity Square	-0.002***	-0.002*			-0.000	-0.000		
	[-3.32]	[-2.50]			[-0.48]	[-0.66]		
Patent stock - 5 years	0.000***					0.000***	0.000***	
	[5.48]					[5.02]	[4.93]	
Size (Ref.: Large inventors)								
Medium		-0.063*	-0.069*		-0.047+			-0.048+
		[-2.37]	[-2.53]		[-1.69]			[-1.72]
Small		-0.111***	-0.135***		-0.055			-0.060+
		[-3.38]	[-4.01]		[-1.59]			[-1.70]
PATENT CONTROLS								

# inventors per patent				0.059***	0.059***	0.059***	0.059***	0.059***
				[13.15]	[12.93]	[13.03]	[13.06]	[12.95]
# of Non Patent ref.				0.004**	0.004**	0.004**	0.004**	0.004**
				[2.72]	[2.86]	[2.69]	[2.65]	[2.85]
Patent scope				0.029***	0.029***	0.029***	0.029***	0.029***
				[13.34]	[13.23]	[13.23]	[13.28]	[13.28]
# of patent ref.				0.019***	0.019***	0.019***	0.020***	0.019***
				[14.68]	[14.52]	[14.64]	[14.64]	[14.54]
Granted				0.107***	0.106***	0.108***	0.108***	0.106***
				[10.61]	[10.45]	[10.61]	[10.65]	[10.45]
TECHNOLOGICAL SECTOR (Ref.: Transport)								
Analysis of biological materials	-0.033	-0.036	-0.037	-0.132*	-0.133*	-0.131*	-0.131*	-0.133*
	[-0.52]	[-0.57]	[-0.58]	[-2.03]	[-2.05]	[-2.02]	[-2.02]	[-2.06]
Audio-visual technology	-0.015	0.017	0.024	0.008	0.021	-0.003	-0.002	0.022
	[-0.33]	[0.38]	[0.54]	[0.19]	[0.47]	[-0.07]	[-0.05]	[0.50]
Basic communication processes	0.031	0.049	0.060	0.093+	0.101+	0.091+	0.093+	0.103*
	[0.59]	[0.93]	[1.13]	[1.82]	[1.96]	[1.79]	[1.83]	[2.00]
Basic materials chemistry	-0.041	-0.033	-0.029	-0.172***	-0.163***	-0.164***	-0.164***	-0.162***
	[-0.92]	[-0.74]	[-0.65]	[-3.83]	[-3.62]	[-3.65]	[-3.64]	[-3.60]
Biotechnology	-0.012	-0.016	-0.016	-0.203***	-0.205***	-0.202***	-0.202***	-0.205***
	[-0.26]	[-0.33]	[-0.35]	[-4.21]	[-4.24]	[-4.19]	[-4.20]	[-4.24]
Chemical engineering	0.063+	0.063+	0.064+	0.000	0.004	0.006	0.006	0.004
	[1.70]	[1.71]	[1.73]	[0.00]	[0.11]	[0.16]	[0.17]	[0.12]
Civil engineering	0.204***	0.184***	0.169***	0.268***	0.258***	0.267***	0.264***	0.255***
	[5.59]	[4.94]	[4.52]	[7.38]	[6.89]	[7.29]	[7.21]	[6.81]
Computer technology	-0.016	-0.003	0.000	0.012	0.017	0.009	0.009	0.018

	<u>[-0.45]</u>	<u>[-0.08]</u>	<u>[0.01]</u>	<u>[0.32]</u>	<u>[0.45]</u>	<u>[0.23]</u>	<u>[0.24]</u>	<u>[0.46]</u>
Control	0.006	0.008	0.006	0.053	0.055	0.054	0.054	0.055
	[0.13]	[0.17]	[0.12]	[1.12]	[1.18]	[1.15]	[1.14]	[1.17]
Digital communication	0.043	0.059	0.066	0.074+	0.077+	0.065	0.067	0.078+
	[0.99]	[1.37]	[1.55]	[1.69]	[1.79]	[1.52]	[1.55]	[1.82]
Electrical machinery, apparatus, energy	-0.023	-0.014	-0.015	-0.032	-0.026	-0.032	-0.033	-0.026
	[-0.69]	[-0.42]	[-0.45]	[-0.95]	[-0.77]	[-0.96]	[-0.98]	[-0.78]
Engines, pumps, turbines	-0.050	-0.036	-0.032	-0.067	-0.056	-0.064	-0.064	-0.056
	[-1.07]	[-0.75]	[-0.67]	[-1.40]	[-1.18]	[-1.36]	[-1.35]	[-1.16]
Environmental technology	0.085	0.087	0.088	0.043	0.047	0.047	0.048	0.047
	[1.44]	[1.48]	[1.49]	[0.73]	[0.80]	[0.81]	[0.81]	[0.81]
Food chemistry	0.097+	0.086+	0.083	0.001	-0.006	0.002	0.001	-0.007
	[1.85]	[1.65]	[1.59]	[0.01]	[-0.11]	[0.03]	[0.02]	[-0.13]
Furniture, games	0.077	0.065	0.055	0.130**	0.122*	0.127**	0.125**	0.120*
	[1.64]	[1.35]	[1.14]	[2.78]	[2.57]	[2.69]	[2.65]	[2.53]
Handling	0.139***	0.127***	0.117**	0.175***	0.170***	0.175***	0.173***	0.168***
	[3.73]	[3.41]	[3.17]	[4.76]	[4.59]	[4.74]	[4.72]	[4.57]
IT methods for management	0.264***	0.259***	0.251***	0.325***	0.323***	0.323***	0.322***	0.321***
	[5.20]	[5.07]	[4.92]	[6.23]	[6.14]	[6.18]	[6.16]	[6.12]
Machine tools	0.125**	0.117**	0.109*	0.138**	0.137**	0.141***	0.139***	0.135**
	[2.90]	[2.74]	[2.54]	[3.28]	[3.26]	[3.35]	[3.30]	[3.21]
Macromolecular chemistry, polymers	-0.026	-0.014	-0.008	-0.151***	-0.139**	-0.142**	-0.141**	-0.138**
	[-0.58]	[-0.32]	[-0.17]	[-3.50]	[-3.20]	[-3.28]	[-3.27]	[-3.19]
Materials, metallurgy	0.115**	0.117**	0.118**	0.046	0.052	0.053	0.053	0.052
	[2.77]	[2.81]	[2.84]	[1.09]	[1.22]	[1.26]	[1.26]	[1.22]
Measurement	-0.062	-0.053	-0.050	-0.073	-0.069	-0.076	-0.076	-0.069

	[-1.24]	[-1.06]	[-1.00]	[-1.46]	[-1.40]	[-1.55]	[-1.54]	[-1.39]
Mechanical elements	0.066*	0.060+	0.057+	0.088**	0.085**	0.088**	0.087**	0.084*
	[2.02]	[1.84]	[1.74]	[2.70]	[2.59]	[2.70]	[2.68]	[2.57]
Medical technology	-0.012	-0.028	-0.044	-0.064+	-0.072*	-0.066+	-0.070*	-0.076*
	[-0.36]	[-0.80]	[-1.28]	[-1.90]	[-2.06]	[-1.94]	[-2.06]	[-2.17]
Micro-structural and nano-technology	0.469***	0.492***	0.494***	0.481***	0.500***	0.489***	0.489***	0.501***
	[4.16]	[4.33]	[4.35]	[4.31]	[4.42]	[4.35]	[4.35]	[4.43]
Optics	-0.097+	-0.081	-0.077	-0.121*	-0.109+	-0.118*	-0.118*	-0.108+
	[-1.73]	[-1.42]	[-1.36]	[-2.18]	[-1.94]	[-2.13]	[-2.13]	[-1.93]
Organic fine chemistry	-0.022	-0.018	-0.014	-0.242***	-0.240***	-0.241***	-0.241***	-0.240***
	[-0.42]	[-0.31]	[-0.25]	[-4.00]	[-3.76]	[-3.91]	[-3.91]	[-3.75]
Other consumer goods	0.006	0.010	0.006	0.062	0.062	0.055	0.054	0.061
	[0.11]	[0.18]	[0.11]	[1.11]	[1.10]	[1.01]	[0.99]	[1.09]
Other special machines	0.149***	0.140***	0.133***	0.153***	0.150***	0.156***	0.154***	0.149***
	[3.90]	[3.65]	[3.46]	[4.08]	[4.01]	[4.15]	[4.11]	[3.98]
Pharmaceuticals	0.011	-0.006	-0.020	-0.353***	-0.365***	-0.358***	-0.361***	-0.369***
	[0.30]	[-0.17]	[-0.53]	[-8.25]	[-8.42]	[-8.21]	[-8.30]	[-8.50]
Semiconductors	-0.038	-0.023	-0.017	-0.090+	-0.079	-0.086+	-0.085+	-0.078
	[-0.76]	[-0.46]	[-0.33]	[-1.81]	[-1.57]	[-1.72]	[-1.71]	[-1.55]
Surface technology, coating	-0.088	-0.082	-0.080	-0.141*	-0.132*	-0.132*	-0.132*	-0.132*
	[-1.60]	[-1.49]	[-1.45]	[-2.53]	[-2.37]	[-2.38]	[-2.38]	[-2.37]
Telecommunications	-0.017	0.005	0.013	0.012	0.019	0.004	0.006	0.021
	[-0.46]	[0.13]	[0.35]	[0.34]	[0.53]	[0.12]	[0.16]	[0.58]
Textile and paper machines	-0.017	-0.012	-0.011	-0.039	-0.032	-0.034	-0.034	-0.032
	[-0.37]	[-0.26]	[-0.23]	[-0.82]	[-0.67]	[-0.71]	[-0.71]	[-0.67]
Thermal processes and apparatus	0.081+	0.092+	0.092+	0.106*	0.110*	0.100*	0.099*	0.110*

	[1.68]	[1.89]	[1.88]	[2.22]	[2.30]	[2.09]	[2.08]	[2.30]
Constant	-2.189***	-2.088***	-2.026***	-2.444***	-2.389***	-2.442***	-2.429***	-2.376***
	[-67.46]	[-46.68]	[-47.96]	[-76.56]	[-48.75]	[-66.71]	[-72.39]	[-51.02]
Observations	562,523	562,523	562,523	562,523	562,523	562,523	562,523	562,523
Log Likelihood	-43788	-43777	-43788	-42436	-42424	-42416	-42417	-42425
LLnull	-44012	-44012	-44012	-44012	-44012	-44012	-44012	-44012
D.F.	44	45	44	46	50	49	48	49
Chi2	343.2	294.4	287.6	1096	1119	1156	1152	1117

Robust z-statistics in brackets – Clustered by firms

Include Year fixed effects

*** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05, + p<0.1

Table 3. Breakthrough patents – Firm characteristics - Probit regression

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
VARIABLES							
Firm technological diversity	-0.007+	-0.006	-0.007+	-0.010*	-0.007+	-0.008*	-0.007+
	[-1.75]	[-0.94]	[-1.74]	[-2.19]	[-1.75]	[-2.01]	[-1.73]
Medium size	-0.048+	-0.034	-0.046	-0.049+	-0.049+	-0.054+	-0.045
	[-1.72]	[-0.60]	[-1.62]	[-1.73]	[-1.75]	[-1.89]	[-1.62]
Small size	-0.060+	-0.101+	-0.050	-0.044	-0.068+	-0.063+	-0.054
	[-1.70]	[-1.74]	[-1.41]	[-1.23]	[-1.86]	[-1.74]	[-1.54]
Medium size x Firm technological diversity		-0.003					
		[-0.44]					
Small size x Firm technological diversity		0.019*					
		[2.03]					
New IPC code to the firm			-0.015	-0.056**			

				[-1.16]	[-2.64]		
New IPC code to the firm x Firm technological diversity					0.009*		
					[2.46]		
New tech. area to the firm					0.016	-0.042+	
					[0.99]	[-1.66]	
New tech. area to the firm x Firm technological diversity						0.019**	
						[3.06]	
Emerging technologies							0.126***
							[13.76]
# inventors per patent	0.059***	0.059***	0.059***	0.058***	0.059***	0.059***	0.058***
	[12.95]	[12.96]	[12.93]	[12.90]	[12.95]	[12.96]	[12.94]
# of Non Patent ref.	0.004**	0.004**	0.004**	0.004**	0.004**	0.004**	0.004**
	[2.85]	[2.88]	[2.87]	[2.91]	[2.83]	[2.87]	[3.15]
Patent scope	0.029***	0.029***	0.029***	0.029***	0.029***	0.029***	0.029***
	[13.28]	[13.21]	[13.16]	[13.12]	[13.27]	[13.24]	[13.13]
# of patent ref.	0.019***	0.019***	0.019***	0.019***	0.019***	0.019***	0.017***
	[14.54]	[14.52]	[14.52]	[14.52]	[14.54]	[14.54]	[14.00]
Granted	0.106***	0.106***	0.106***	0.106***	0.107***	0.107***	0.111***
	[10.45]	[10.43]	[10.41]	[10.38]	[10.49]	[10.50]	[10.87]
Constant	-2.376***	-2.377***	-2.376***	-2.359***	-2.376***	-2.367***	-2.431***
	[-51.02]	[-37.64]	[-50.97]	[-49.18]	[-51.02]	[-50.35]	[-52.49]
Observations	562,523	562,523	562,523	562,523	562,523	562,523	562,523
Log Likelihood	-42425	-42419	-42424	-42419	-42424	-42419	-42327
LLnull	-44012	-44012	-44012	-44012	-44012	-44012	-44012
D.F.	49	51	50	51	50	51	50

Chi2 1117 1148 1119 1134 1117 1145 1387

Robust z-statistics in brackets – Clustered by firms
 Include Year and Technological area fixed effects *** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05, + p<0.1

Table4. Breakthrough Patents – Firm Characteristics moderated by technology patterns

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Firm technological diversity	-0.007+	-0.007+	-0.007+	-0.007+	-0.007+	-0.001	-0.007+	-0.007+
	[-1.75]	[-1.90]	[-1.73]	[-1.73]	[-1.75]	[-0.25]	[-1.73]	[-1.73]
Medium size	-0.048+	-0.048+	-0.045	-0.045	-0.048+	-0.047+	-0.045	-0.045
	[-1.71]	[-1.70]	[-1.61]	[-1.61]	[-1.71]	[-1.67]	[-1.62]	[-1.62]
Small size	-0.060+	-0.061+	-0.054	-0.054	-0.060+	-0.062+	-0.054	-0.054
	[-1.71]	[-1.72]	[-1.55]	[-1.55]	[-1.70]	[-1.76]	[-1.55]	[-1.54]
Tech. Area Patent Growth	-0.002*	-0.005**	-0.002*	-0.004**				
	[-2.30]	[-3.05]	[-2.31]	[-2.84]				
Firm technological diversity x Tech. Area Patent Growth		0.000*						
		[2.08]						
Emerging technologies			0.126***	0.123***			0.126***	0.128***
			[13.76]	[13.42]			[13.76]	[8.05]
Emerging technologies x Tech. Area Patent Growth				0.002+				
				[1.78]				
Concentration					14.241	20.947+	14.377	14.649
					[1.39]	[1.81]	[1.40]	[1.43]
Firm technological diversity x						-1.220+		

Concentration									
									[-1.72]
Emerging technologies x Concentration									-0.520
									[-0.19]
# inventors per patent	0.059***	0.059***	0.058***	0.058***	0.059***	0.058***	0.058***	0.058***	0.058***
	[12.96]	[12.96]	[12.95]	[12.96]	[12.96]	[12.92]	[12.95]	[12.95]	[12.95]
# of Non Patent ref.	0.004**	0.004**	0.004**	0.004**	0.004**	0.004**	0.004**	0.004**	0.004**
	[2.86]	[2.87]	[3.15]	[3.15]	[2.86]	[2.87]	[3.16]	[3.16]	[3.16]
Patent scope	0.029***	0.029***	0.029***	0.029***	0.029***	0.029***	0.029***	0.029***	0.029***
	[13.31]	[13.32]	[13.16]	[13.13]	[13.24]	[13.24]	[13.09]	[13.09]	[13.09]
# of patent ref.	0.019***	0.019***	0.017***	0.017***	0.019***	0.019***	0.017***	0.017***	0.017***
	[14.56]	[14.57]	[14.02]	[14.02]	[14.54]	[14.55]	[14.00]	[14.00]	[14.00]
Granted	0.106***	0.106***	0.110***	0.110***	0.106***	0.107***	0.111***	0.111***	0.111***
	[10.41]	[10.39]	[10.83]	[10.82]	[10.43]	[10.46]	[10.85]	[10.85]	[10.85]
Constant	-2.378***	-2.375***	-2.433***	-2.431***	-2.447***	-2.479***	-2.503***	-2.504***	-
	[-51.09]	[-51.00]	[-52.57]	[-52.51]	[-37.59]	[-35.96]	[-38.46]	[-38.24]	
Observations	562,523	562,523	562,523	562,523	562,523	562,523	562,523	562,523	562,523
Log Likelihood	-42421	-42417	-42323	-42322	-42423	-42419	-42326	-42326	-42326
LLnull	-44012	-44012	-44012	-44012	-44012	-44012	-44012	-44012	-44012
D.F.	50	51	51	52	50	51	51	52	52
Chi2	1123	1125	1396	1392	1119	1125	1388	1389	1389

Robust z-statistics in brackets – Clustered by firms
 Include Year and Technological area fixed effects
 *** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05, + p<0.1

Table 5. Firm and technological area variables and interactions

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
VARIABLES								
Firm technological diversity	-0.007+	-0.007+	-0.009	-0.009	-0.007+	-0.007+	-0.007	-0.007
	[-1.72]	[-1.71]	[-1.14]	[-1.14]	[-1.73]	[-1.72]	[-1.04]	[-1.04]
Medium	-0.044	-0.043	-0.023	-0.023	-0.046+	-0.046+	-0.029	-0.029
	[-1.55]	[-1.54]	[-0.42]	[-0.42]	[-1.65]	[-1.65]	[-0.53]	[-0.53]
Small	-0.048	-0.047	-0.067	-0.067	-0.065+	-0.065+	-0.089	-0.089
	[-1.34]	[-1.33]	[-1.14]	[-1.14]	[-1.79]	[-1.78]	[-1.49]	[-1.49]
New IPC code to the firm	-0.010	-0.010	-0.043*	-0.043*				
	[-0.78]	[-0.80]	[-2.05]	[-2.05]				
New tech. area to the firm					0.020	0.020	-0.016	-0.016
					[1.29]	[1.28]	[-0.59]	[-0.59]
Emerging technologies	0.126***	0.126***	0.101***	0.101***	0.126***	0.126***	0.125***	0.125***
	[13.72]	[13.77]	[3.41]	[3.41]	[13.78]	[13.82]	[7.81]	[7.81]
Tech. Area Patent Growth	-0.002*				-0.002*		-0.006***	-0.006***
	[-2.17]				[-2.20]		[-3.42]	[-3.42]
New entrants		-0.081*	-0.108*	-0.108*		-0.082*		
		[-2.56]	[-2.37]	[-2.37]		[-2.58]		
Concentration	12.009	9.720	9.896	9.896	12.167	9.881	12.825	12.825
	[1.18]	[0.95]	[0.97]	[0.97]	[1.19]	[0.97]	[1.25]	[1.25]
Medium x Firm technological diversity			-0.004	-0.004			-0.004	-0.004
			[-0.61]	[-0.61]			[-0.56]	[-0.56]
Small x Firm technological diversity			0.013	0.013			0.013	0.013
			[1.42]	[1.42]			[1.34]	[1.34]
New IPC code to the firm x Firm technological diversity			0.008*	0.008*				

				[2.07]	[2.07]				
New tech. area to the firm x Firm technological diversity						0.013*	0.013*		
						[2.04]	[2.04]		
Emerging technologies x New entrants			0.029	0.029					
			[1.03]	[1.03]					
Emerging technologies x Concentration			-0.716	-0.716		-0.216	-0.216		
			[-0.26]	[-0.26]		[-0.08]	[-0.08]		
Emerging technologies x Tech. Area Patent Growth						0.002+	0.002+		
						[1.65]	[1.65]		
Tech. Area Patent Growth x Firm technological diversity						0.000*	0.000*		
						[2.10]	[2.10]		
New entrants x Firm technological diversity			0.002	0.002					
			[0.37]	[0.37]					
# inventors per patent	0.058***	0.058***	0.058***	0.058***	0.058***	0.058***	0.058***	0.058***	0.058***
	[12.96]	[12.93]	[12.91]	[12.91]	[12.97]	[12.94]	[12.99]	[12.99]	[12.99]
# of Non Patent ref.	0.004**	0.004**	0.004**	0.004**	0.004**	0.004**	0.004**	0.004**	0.004**
	[3.18]	[3.19]	[3.23]	[3.23]	[3.14]	[3.15]	[3.19]	[3.19]	[3.19]
Patent scope	0.029***	0.029***	0.029***	0.029***	0.029***	0.029***	0.029***	0.029***	0.029***
	[13.00]	[12.95]	[12.86]	[12.86]	[13.13]	[13.07]	[13.04]	[13.04]	[13.04]
# of patent ref.	0.017***	0.017***	0.017***	0.017***	0.017***	0.017***	0.017***	0.017***	0.017***
	[14.00]	[13.98]	[13.94]	[13.94]	[14.02]	[14.00]	[13.99]	[13.99]	[13.99]
Granted	0.110***	0.109***	0.109***	0.109***	0.111***	0.110***	0.110***	0.110***	0.110***
	[10.79]	[10.72]	[10.69]	[10.69]	[10.86]	[10.80]	[10.84]	[10.84]	[10.84]
Constant	-2.492***	-2.428***	-2.398***	-2.398***	-2.493***	-2.428***	-2.493***	-2.493***	-2.493***

		[-38.27]	[-35.56]	[-28.23]	[-28.23]	[-38.29]	[-35.59]	[-31.75]	[-31.75]
Observations	562,523	562,523	562,523	562,523	562,523	562,523	562,523	562,523	562,523
Log Likelihood	-42322	-42320	-42312	-42312	-42321	-42320	-42308	-42308	-42308
LLnull	-44012	-44012	-44012	-44012	-44012	-44012	-44012	-44012	-44012
D.F.	53	53	59	59	53	53	59	59	59
Chi2	1399	1389	1425	1425	1396	1386	1432	1432	1432
Dep.Var	top1dom	top1dom	top1dom	top1dom	top1dom	top1dom	top1dom	top1dom	top1dom

Robust z-statistics in brackets*** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05, + p<0.1

5. Conclusion

The aim of this paper is to identify the impacts of firm and sector characteristics on the quality of patents, once patent characteristics have been controlled for. Our results confirm that intrinsic characteristics of patents strongly explain breakthrough inventions, as highlighted in the literature. However, they also contribute to show to what extent firm and sector characteristics tend to influence this type of performance. Indeed, our results do highlight the importance to take into account the complexity of patenting and learning behaviors of the firms.

This suggests that understanding the sources of breakthrough patents is more complex than expected. For instance, a number of studies find that size or diversity matters. This paper shows that it is only a part of the story. First, size matters but small innovators may also produce breakthrough inventions, in some conditions, that is, when they have some degree of diversity. Second, two apparently contrasting results seem to coexist: non-diversified large firms produce breakthrough patents as do small-diversified innovators. It is possible to reconcile these two results considering firms' capacity to enter a new technology area and/or mobilize emerging technologies. And the role played by the latter is true independently from firm size or its degree of diversification. Moreover, that suggests that breakthrough patents are more likely for emergent technology. When the technology becomes mature, breakthrough patent are scarcer. Technological sector also matters to explain the quality of patent.

Our article is limited to patent information. If this allows performing a wide cross-sector analysis based on a huge dataset, it represents also the main limitation. Only patent-based variables are available for capturing firms' characteristics and behaviors. Further research is then needed to go further in the characterization of firms and sectors. Indeed, it could be interesting to test the impact of the internationalization of firm and also to better proxy the size of the firms. Financial data seem necessary.

References

- Acs Z.J. and Audretsch D.B., 1990. *Innovation and Small firms*, The MIT Press, Cambridge Massachusetts
- Ahuja C. and Lampert C.M., 2001. Entrepreneurships in large corporations: a longitudinal study of how established firms create breakthrough inventions. *Strategic Management Journal* 22, pp. 521-543.
- Albernathy W.J. and Clark K.B. 1985. Innovation: mapping the winds of creative destruction, *Research Policy* 14, pp. 3-22
- Bessen, J. 2008. The Value of US Patents by Owner and Patent Characteristics, *Research Policy* 37 (5), pp.932-945.
- Blind K., Elder J., Frietsch R. and Schmoch U. 2006. Motives to patent: Empirical evidence from Germany *Research Policy* 35 (5), pp. 655-672.
- Blind, K., Cremers K. and Mueller E., 2009.. "The influence of strategic patenting on companies' patent portfolios,". *Research Policy*, 38 (2), pp. 428-436.
- Breschi S., Lissoni F. and Malerba F. 2003. Knowledge-relatedness in firm technological diversification. *Research Policy*, 32, pp. 69-87.
- Cassiman B., Veugelers R. and Zuniga P. 2008. In search of Performance effects of (in)direct industry science links *Industrial and Corporate Change*, 17 (4), pp. 611-646.
- Castellani F. and Zhend J. , 2010. Technological regimes, Schumpeterian patterns of innovation and Firm level productivity growth *Industrial and corporate change* 19 (6), pp. 1829-1865
- Christensen and Bower, 1996. "Customer power, strategic investment, and the failure of leading firms", *Academy of Management Journal*, 44, 252-272
- Czarnitzki D., Hussinger K. and Schneider C., 2008. *Commercializing Academic research. The quality of Faculty Patenting*. ZEW Discussion paper N0 08-069.
- Fai F., 2007, A structural decomposition analysis of technological opportunity, corporate survival, and leadership *Industrial and Corporate Change* vol. 16(6), pp.1069-1103.
- Fleming L. and Sorenzon O. 2004. Science as a map in technological search. *Strategic Management Journal* 25. 909-928.
- Gambardella, A., Harhoff, D., and B. Verspagen, 2008. The Value of European Patents *European Management Review* 5(2), 69-84.
- Garcia Vega M., 2006. Does technological diversification promote innovation ? an empirical analysis for European Firms. *Research Policy* 35, pp. 230-246.
- Gittelman M. and Kogut B. 2003. Does Good Science Lead to valuable knowledge? Biotechnology Firms and the evolutionary logic of citation patterns. *Management Science*, 49(4), pp. 366-382
- Hall B.H., Jaffe A. and Trajtenberg M., 2005 Market value and patent citations, *RAND Journal of Economics*, 36, pp. 16-38.
- Hall B.H. and Ziedonis RH, 2001. The patent paradox revisited: an empirical study of patenting in the US semiconductor industry, 1979-1995 *Rand journal of Economics*

- Hall B.H., 2005. Exploring the patent explosion, *Journal of Technology Transfer*, 30 (1/2), pp. 35–48,
- Harhoff D., Scherer F. and Vopel K., 2003. Citations, Family Size, Opposition and the value of Patent Rights – evidence from Germany. *Research Policy* 32 (8), pp. 1343-1363.
- Henderson, R. and Cockburn I., 1996. Scale, Scope, and Spillovers: Determinants of Research Productivity in the Pharmaceutical Industry. *RAND Journal of Economics*, Spring 1996, 27(1), pp. 32-59
- Henderson R., Jaffe A., and Trajtenberg M. 1998. University as a source of commercial technology: a detailed analysis of university patenting, 1965-1998. *Review of economics and statistics* 80 (1), pp. 119-127.
- Kaplan S. and Vakili K., 2012. *Identifying breakthroughs: cognitive vs. economic*, Druid Conference, June, Copenhagen.
- Katula R. and S. Shane, 2005. “When does lack of resources make new firms innovative ?” , *Academy Management Review* vol. 48 , 5., 814-829
- Kim D.J. and Kogut B., 1996., “Technological platforms and diversification”, *Organization Science*, 7 (3), pp. 283-301.
- Leten B., Belderbos R. and van Loy B., 2007., Technological diversification, coherence and performance of firms, *Journal of Product innovation management*, 24 (6), pp. 567-579.
- Malerba F. and Orsenigo L., 1996, Schumpeterian patterns of innovation, *Cambridge Journal of Economics*, 19(1), pp.47-65
- Martinez C., 2010. *Insight into Different Types of Patent Families*, OECD Science, Technology and Industry Working Papers 2010/2, OECD Publishing
- McGahan A.M. and Silverman B.S., 2006. Profiting from technological innovation by others: the effect of competitor patenting on firm value, *Research Policy*, 35, pp. 1222-1242
- Méthé D., Swaminathan A. and Mitchell W., 1996., The underemphasized role of established firms as the sources of major innovations, *Industrial and Corporate Change*, 5 (4), pp. 1181-1203.
- Noel M. and Schankerman M., 2006. *Strategic Patenting and Software Innovation*, WP
- Patel P. and Pavitt K 1997. The technological competencies of the world’s largest firms : complex and path-dependent, but not much variety. *Research Policy* 26, pp. 141-156.
- Rosenkopf L. and Nerkar A. 2001. Beyond Local Search: Boundary-spanning, Exploration, and Impact in the Optical Disc Industry, *Strategic Management Journal*, 22, pp. 287-306
- Sapsalis E. and Von Pottelsberghe de la Potterie B. 2012. The institutional sources of knowledge and the value of academic patents. *Economics of Innovation and New Technology*, 16(2), pp. 139-157.
- Schankerman, M. and A. Pakes, 1986. Estimates of the Value of Patent Rights in European Countries during the Post-1950 Period, *Economic Journal*, 97, pp.1-25.
- Singh J. and Flemming L., 2010. Lone inventors as source of breakthroughs: myth or reality? *Management Science*, 51, pp. 41-56
- Stephan, M., 2002. *Diversification Profiles of Multinational Corporations: An Empirical Investigation of Geographical Diversification, Product Diversification and Technological Diversification*. Paper presented at the 28th European International Business Academy Conference, Athens, Greece.
- Trajtenberg, M., 1990. A Penny for Your Quotes: Patent Citations and the Value of Inventions *RAND Journal of Economics*, 21, pp.172-187.
- Tushman, M. and Anderson, P. 1986. Technological discontinuities and organizational environments *Administrative Science Quarterly*, 31, pp. 439-465.

Appendix – Correlation table and robustness checks

Table A1. Correlation table

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1 small	1.00															
2 Medium	-0.56	1.00														
3 Large	-0.33	-0.60	1.00													
4 Patent stock - 5 years	-0.17	-0.22	0.42	1.00												
5 Firm technological diversity	-0.42	-0.06	0.48	0.35	1.00											
6 New IPC code to the firm	0.43	-0.13	-0.27	-0.18	-0.26	1.00										
7 New tech. area to the firm	0.55	-0.25	-0.25	-0.14	-0.30	0.51	1.00									
8 Emerging technologies	-0.05	-0.00	0.05	0.03	0.03	-0.06	-0.06	1.00								
9 Nouveaux_e~t	-0.01	0.01	-0.00	0.02	0.00	0.06	0.02	0.06	1.00							
10 Taux_crois~e	-0.01	0.01	0.00	-0.04	-0.04	0.26	0.03	0.02	0.48	1.00						
11 Concentrat~n	0.03	-0.03	0.00	0.18	0.22	-0.12	-0.12	0.04	0.20	-0.02	1.00					
12 # inventors per patent	-0.10	0.02	0.08	0.02	0.08	-0.09	-0.10	0.06	-0.01	-0.03	-0.03	1.00				
13 # of Non Patent ref.	0.03	-0.00	-0.03	-0.03	-0.06	0.00	0.02	0.07	0.06	-0.01	-0.06	0.12	1.00			
14 Patent scope	-0.04	-0.01	0.04	-0.01	0.07	0.09	-0.03	0.08	0.07	0.12	-0.02	0.14	0.11	1.00		
15 # of patent ref.	-0.21	0.05	0.15	0.07	0.19	-0.17	-0.18	0.21	-0.00	-0.04	0.06	0.12	0.21	0.11	1.00	
16 Granted	-0.06	0.04	0.01	-0.04	-0.00	0.05	-0.03	-0.04	0.03	0.14	-0.04	-0.03	-0.09	0.07	-0.03	1.00

All correlation significant at a 1% level expect the bold one

Table A2. Number of forward citations – Firm characteristics

Negative Binomial

VARIABLES	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Firm technological diversity	-0.009+	-0.007	-0.009+	-0.013*	-0.009+	-0.010+	-0.009+
	[-1.83]	[-0.70]	[-1.81]	[-2.18]	[-1.83]	[-1.90]	[-1.74]
Medium size	-0.051	-0.013	-0.046	-0.050	-0.050	-0.052	-0.047
	[-1.39]	[-0.18]	[-1.27]	[-1.36]	[-1.36]	[-1.42]	[-1.30]
Small size	-0.048	-0.067	-0.031	-0.024	-0.039	-0.037	-0.045
	[-1.13]	[-0.93]	[-0.73]	[-0.57]	[-0.90]	[-0.85]	[-1.08]
Medium size x Firm technological diversity		-0.007					
		[-0.75]					
Small size x Firm technological diversity		0.014					
		[1.44]					
New IPC code to the firm			-0.029**	-0.075***			
			[-2.94]	[-3.82]			
New IPC code to the firm x Firm technological diversity				0.010**			
				[2.61]			
New tech. area to the firm					-0.018+	-0.049*	
					[-1.66]	[-2.50]	
New tech. area to the firm x Firm technological diversity						0.010*	
						[2.00]	
Emerging technologies							0.170***
							[25.00]

# inventors per patent	0.082***	0.081***	0.081***	0.081***	0.082***	0.081***	0.081***
	[23.79]	[23.85]	[23.74]	[23.68]	[23.78]	[23.74]	[23.84]
# of Non Patent ref.	0.006***	0.006***	0.006***	0.006***	0.006***	0.006***	0.005***
	[3.73]	[3.76]	[3.76]	[3.80]	[3.75]	[3.76]	[3.70]
Patent scope	0.044***	0.044***	0.044***	0.044***	0.044***	0.044***	0.043***
	[21.94]	[22.09]	[21.81]	[21.79]	[21.94]	[21.94]	[21.79]
# of patent ref.	0.040***	0.040***	0.040***	0.040***	0.040***	0.040***	0.034***
	[18.50]	[18.79]	[18.47]	[18.45]	[18.48]	[18.47]	[16.67]
Granted	0.115***	0.116***	0.115***	0.115***	0.115***	0.115***	0.120***
	[13.25]	[13.19]	[13.20]	[13.13]	[13.20]	[13.20]	[13.79]
Constant	-2.004***	-2.022***	-2.002***	-1.982***	-2.004***	-1.999***	-2.066***
	[-37.34]	[-26.45]	[-37.26]	[-35.49]	[-37.34]	[-36.88]	[-38.88]
Constant	0.585***	0.585***	0.585***	0.585***	0.585***	0.585***	0.578***
	[47.75]	[47.71]	[47.70]	[47.57]	[47.75]	[47.75]	[47.14]
Observations	562,523	562,523	562,523	562,523	562,523	562,523	562,523
Log Likelihood	-572785	-572768	-572777	-572761	-572783	-572779	-572271
LLnull	-603283	-603283	-603283	-603283	-603283	-603283	-603283
D.F.	49	51	50	51	50	51	50
Chi2	10373	10492	10337	10457	10380	10482	11996

Robust z-statistics in brackets – Clustered by firms

Include Year and Technological area fixed effects

*** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05, + p<0.1

TableA3. Number of forward citations – Firm Characteristics moderated by technology patterns - Negative Binomial

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
VARIABLES								
Firm technological diversity	-0.009+	-0.009+	-0.009+	-0.009+	-0.008	-0.009+	-0.009+	-0.010*
	[-1.81]	[-1.72]	[-1.73]	[-1.82]	[-1.38]	[-1.73]	[-1.73]	[-1.98]
Medium size	-0.051	-0.047	-0.047	-0.051	-0.050	-0.047	-0.047	-0.051
	[-1.40]	[-1.32]	[-1.32]	[-1.39]	[-1.38]	[-1.30]	[-1.30]	[-1.40]
Small size	-0.046	-0.044	-0.044	-0.048	-0.048	-0.045	-0.045	-0.047
	[-1.10]	[-1.05]	[-1.05]	[-1.12]	[-1.14]	[-1.08]	[-1.08]	[-1.10]
Tech. Area Patent Growth	0.011***	0.011***	0.010***					0.010***
	[13.22]	[13.23]	[10.11]					[6.54]
Firm technological diversity x Tech. Area Patent Growth								0.000
								[1.13]
Emerging technologies			0.164***				0.165***	
			[23.66]				[15.92]	
Emerging technologies x Tech. Area Patent Growth			0.002**					
			[2.88]					
Concentration				-22.415*	-20.770+	-22.735*	-23.298*	
				[-2.16]	[-1.75]	[-2.19]	[-2.21]	
Firm technological diversity x Concentration					-0.292			
					[-0.42]			
Emerging technologies x Concentration							1.107	
							[0.60]	

# inventors per patent	0.082***	0.081***	0.082***	0.082***	0.081***	0.081***	0.081***	0.082***
	[23.82]	[23.87]	[23.87]	[23.81]	[23.75]	[23.86]	[23.87]	[23.86]
# of Non Patent ref.	0.006***	0.005***	0.005***	0.006***	0.006***	0.005***	0.005***	0.006***
	[3.71]	[3.68]	[3.68]	[3.72]	[3.72]	[3.68]	[3.69]	[3.73]
Patent scope	0.044***	0.043***	0.043***	0.044***	0.044***	0.043***	0.043***	0.044***
	[21.98]	[21.84]	[21.80]	[22.16]	[22.16]	[22.02]	[22.02]	[22.01]
# of patent ref.	0.040***	0.034***	0.034***	0.040***	0.040***	0.034***	0.034***	0.040***
	[18.53]	[16.68]	[16.68]	[18.45]	[18.53]	[16.62]	[16.62]	[18.51]
Granted	0.117***	0.122***	0.122***	0.116***	0.116***	0.120***	0.120***	0.117***
	[13.41]	[13.95]	[13.94]	[13.26]	[13.31]	[13.80]	[13.80]	[13.41]
Emerging technologies		0.170***				0.170***		
		[25.14]				[24.99]		
Constant	-1.996***	-2.058***	-2.055***	-1.894***	-1.902***	-1.955***	-1.952***	-1.991***
	[-37.44]	[-39.00]	[-38.89]	[-24.73]	[-22.93]	[-25.69]	[-25.35]	[-36.94]
Constant	0.583***	0.575***	0.575***	0.585***	0.585***	0.578***	0.578***	0.583***
	[47.61]	[47.00]	[47.00]	[47.76]	[47.77]	[47.15]	[47.15]	[47.53]
Observations	562,523	562,523	562,523	562,523	562,523	562,523	562,523	562,523
Log Likelihood	-572541	-572024	-572018	-572774	-572773	-572259	-572259	-572535
LNull	-603283	-603283	-603283	-603283	-603283	-603283	-603283	-603283
D.F.	50	51	52	50	51	51	52	51
Chi2	10794	12486	12577	10513	10507	12146	12170	11203

Robust z-statistics in brackets – Clustered by firms

Include Year and Technological area fixed effects

*** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05, + p<0.1

LES FIRMES LEADERS SUR LE MARCHÉ DE L'ARMEMENT : PÉRIMÈTRE RETENU ET CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

L. Cassi, E.P. Gallié, V. Mérindol, W. Mescheba, A. Plunket

INTRODUCTION

Cette section présente les groupes américains et européens leaders sur le marché de l'armement étudiés dans ce rapport, la méthodologie pour reconstruire les groupes sur la décennie 2000 ainsi que leurs grandes caractéristiques technologiques : leur positionnement technologique à travers l'analyse de leurs dépôts de brevets d'une part, et leur stratégie d'opposition aux brevets déposés par des concurrents d'autre part.

LA SÉLECTION DES FIRMES RETENUES POUR L'ANALYSE

Choix des entreprises et composition des groupes

La base de données a été constituée à partir des données issues de la base de données brevets Patstat enrichie à l'OST (version 2010) et de la base de données économiques Orbis (2010) fournie et commercialisée par le bureau Van Dijk. La procédure pour construire notre base de données économiques et technologiques à partir de ces deux sources a été complexe et a requis une procédure longue impliquant de nombreux tests de fiabilité (cf rapport 2 réalisé pour ce projet).

Au cours de l'année 2013 / 2014, nous avons dû définir une procédure supplémentaire pour reconstruire les groupes (entreprises et filiales) car cette information n'était pas disponible dans la base de données initialement utilisée Orbis. Cette procédure de reconstitution des groupes sur une dizaine d'années a rajouté une charge de travail non programmée sur l'équipe de recherche, ce qui nous a obligé à réduire la taille de l'échantillon analysé. Nous avons retenu 36 groupes (et leurs filiales consolidées dans le temps) leaders sur le marché mondial de l'armement. Il s'agit des 36 premiers groupes européens et américains du classement

SIPRI 2010. Ce dernier classe les entreprises en fonction de leurs chiffres d'affaires sur le marché international de l'armement. La reconstitution de l'historique des groupes a été réalisée à partir des sites internet des entreprises, du calepin DGA ainsi que des informations disponibles dans la base Orbis. Nous avons ensuite vérifié pour chaque filiale si elle déposait des brevets et si nous n'avions pas à faire à un homonyme. En effet dans une base de données économiques mondiale comme Obis, beaucoup d'entreprises portent le même nom. Nous avons du aussi procéder à une vérification de l'orthographe des noms des entreprises, erreurs qui étaient fréquentes dans la base Orbis. Si nous ne les corrigions pas, ces erreurs entraînaient de nombreuses erreurs sur le périmètre des brevets retenus pour l'analyse. Les données et indicateurs économiques et technologiques constitués pour cette analyse couvrent la période 2000 à 2008.

LES GRANDES CARACTERISTIQUES DES FIRMES

Les caractéristiques en termes de positionnement sur le marché technologique

Les stratégies de dépôts de brevets et les pratiques en termes de « routes » de dépôts et d'extension des droits de propriété intellectuelle sont variées. Elles dépendent des fonctions du brevet dans la stratégie technologique des entreprises comme la protection des inventions, le signalement de compétences, les stratégies offensive ou défensive de blocage des concurrents. Ces stratégies sont dépendantes aussi bien des technologies développées que des marchés sur lesquels les firmes sont actives.

Une première caractérisation du portefeuille des familles de brevets des entreprises leaders sur le marché mondial de l'armement repose sur l'analyse de leur portefeuille de familles de brevets en terme d'offices de dépôts, et donc en termes de marchés sur lesquels les firmes peuvent revendiquer un droit de propriété.

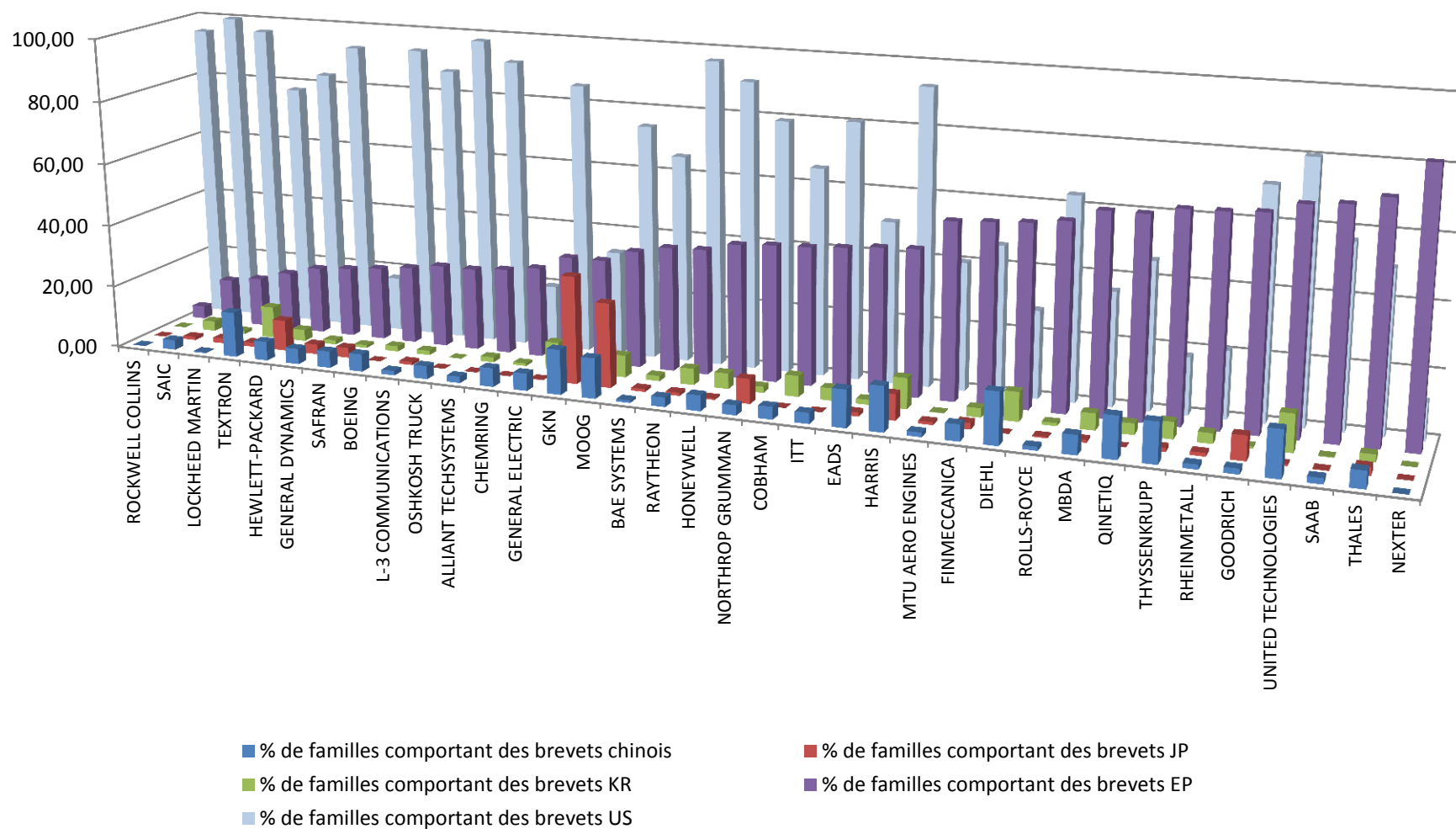
Le graphique suivant présente la répartition des familles de brevets des entreprises étudiées en 2008 en fonction du marché faisant l'objet de protection :

- % des familles sur le portefeuille total de familles de brevets de chaque entreprise étudiée, qui comprennent au moins un brevet européen,
- % de familles qui comprennent au moins un brevet américain.
- % de familles de brevets qui comprennent respectivement au moins un brevet japonais, un brevet coréen ou un brevet chinois.

Une telle approche permet de donner une première indication sur la stratégie de positionnement des droits de propriété intellectuelle des firmes étudiées et de préciser pour chaque firme quel est le (ou les) marché(s) « technologique(s) » prépondérant(s).

Sur le graphique suivant, les entreprises sont classées en fonction du % de familles disposant d'un brevet européen. Ce choix de présentation s'explique par le fait que les autres sections de ce chapitre concernent uniquement les familles de brevets comprenant des brevets européens.

Figure 1 – Positionnement des groupes leaders sur le marché de l'armement en termes de gestion de la propriété intellectuelle



Source : OST-Patstat-Orbis, traitement les auteurs

L'analyse de ce graphique conduit à réaliser deux constats majeurs.

Tout d'abord, si on constate une grande variété de situations, quelques grandes tendances émergent. D'une manière générale, les firmes positionnent principalement leur droit de propriété intellectuelle sur leur marché domestique (USA ou Europe). Ce constat est sans surprise plus marqué pour les entreprises américaines : 15 firmes sur 19 firmes américaines ont plus de 90 % de leurs familles de brevets qui contiennent au moins un brevet américain.

Ensuite, ce graphique permet d'identifier 4 grands types de comportements pour les 36 groupes étudiés.

Comportement 1 : Les firmes qui ont un positionnement des droits de propriété intellectuelle principalement sur le marché « domestique » (européen ou américain) et qui dans le même temps sont peu actives sur les marchés japonais et émergents (Corée du Sud et Chine). Les entreprises types de ce comportement sont Rockwell Collins, L-3 communications et Lockheed Martin, SAIC c'est-à-dire des firmes américaines leaders dans les systèmes complexes de l'aéronautique et de la Défense. Les marchés et le développement technologique de ces entreprises sont principalement structurés par les commandes du Pentagone. En Europe, on retrouve dans ce cas de figure des entreprises spécialisées dans l'armement terrestre comme le groupe français Nexter.

Comportement 2 : Les firmes qui ont un positionnement de leurs droits de propriété intellectuelle principalement sur le marché « domestique » (Europe ou Etats-Unis) et qui sont aussi actives sur les marchés japonais et/ou émergents (Chine, Corée du Sud). General Electric, leader mondial dans les moteurs électriques (aéronautique, centrale nucléaire...) et dont le marché d'armement ne représente qu'une faible part de son activité, constitue une illustration de ce comportement. Dans une moindre mesure, on retrouve aussi Textron, spécialisé dans la conception des UAV et les hélicoptères (Bells) et petits avions à réaction (CESSNA)... Entreprise de taille plus modeste que General Electric, Textron est aussi une entreprise peu dépendante de la commande militaire.

Comportement 3 : Les firmes qui ont un positionnement de leurs droits de propriété intellectuelle assez équilibré entre les Etats-Unis et l'Europe et qui sont peu présentes sur les marchés japonais et émergents. On retrouve dans ce cas de figure des entreprises comme Rolls-Royce, SAAB et BAe-Systems. Le positionnement « transatlantique » de leur propriété intellectuelle est cohérent avec leur stratégie de coopération et de développement technologique centré sur l'Europe et les Etats-Unis.

Comportement 4 : Les firmes qui ont un positionnement des droits de propriété intellectuelle équilibré entre les Etats-Unis et l'Europe et qui sont aussi très présents sur les marchés japonais et/ou émergents. On retrouve dans ce cas de figure, des entreprises comme Safran, EADS ou encore Qinetiq et dans une moindre mesure Thales.

Tableau 3 – Positionnement de la propriété intellectuelle des firmes liées à la Défense en fonction des marchés – comportements types.

Comportement 1 Positionnement centré sur le marché « domestique » (US ou Europe)	Comportement 3 Positionnement centré sur le marché transatlantique (US et Europe)
Rockwells Collins, SAIC, Lockheed Martin, Nexter, General Dynamics, Boeing, L3 Communication, Oshkosh Truck, Alliant Technosystems	Chemring, BAE Systems, MTU Aeroengine, Roll Royce, Rheinmetall, SAAB
Comportement 2 Positionnement centré sur le marché « domestique » et les grands marchés techno externes (Japon/K/CH)	Comportement 4 Positionnement centré sur le marché transatlantique et les grands marchés techno externes (Japon/K/CH)
Textron, Hewlett Packard, General Electric Moog, Raytheon, Honeywell, Northrop Grumman, Thyssenkrupp	Safran, GKN, COBAHAM, ITT, EADS, Harris, FINMECCANICA, Diehl, MBDA, Qinetiq, Goodrich, United Technologies , Thales, ITT

Caractéristiques clés du portefeuille de brevets européens des firmes leaders sur le marché de l'armement

Cette section présente les caractéristiques du portefeuille de brevets européens des firmes leaders sur le marché mondial de l'armement à partir des indicateurs clés construits et utilisés dans les deux chapitres précédents pour étudier les déterminants de la qualité technologique des brevets. A ce stade, nous nous focalisons sur les brevets européens car les logiques de citations sont très différentes selon les offices, notamment européens et américains.

Les caractéristiques du portefeuille de familles de brevets comprenant un brevet européen sont étudiées ici sur les deux périodes c'est-à-dire l'ensemble des familles en date de priorité sur 10 ans en 2002 et en 2008. La restriction sur la période étudiée s'explique par le fait que nous avons construit plusieurs indicateurs sur les citations reçues, ce qui rendait difficile la prise en compte des brevets déposés sur des années les plus récentes.

Taille du portefeuille de familles de brevets européens

Le tableau suivant présente les firmes en fonction de leur classement SIPRI 2010 sur leur positionnement sur le marché mondial de l'armement. Deux indicateurs sont ici présentés : le nombre de familles de brevets, le nombre de familles de brevets qui comprend au moins un brevet européen et ceci sur les deux périodes étudiés 2002 et 2008.

Tableau 4 – Taille du portefeuille de famille de brevets des groupes leaders sur le marché de l'armement

Rg SIPRI	GROUPE	2002				2008			
		total des familles	Rang	dont familles européennes	Rang	total des familles	Rang	dont familles européennes	Rang
NC	MBDA	51	33	33	32	115	33	72	28
1	LOCKHEED MARTIN	2076	5	346	17	2742	6	430	16
2	BAE SYSTEMS	1330	12	456	11	1535	12	605	13
3	BOEING	2249	4	604	10	5102	4	1258	7
4	NORTHROP GRUMMAN	1772	7	666	8	1745	11	755	11
5	GENERAL DYNAMICS	396	22	142	22	440	26	98	27
6	RAYTHEON	1960	6	752	7	2254	8	898	9
7	EADS	1333	11	781	6	3412	5	1557	6
8	FINMECCANICA	264	25	92	27	346	28	195	24
9	L-3 COMMUNICATIONS	258	26	106	25	494	23	130	26
10	UNITED TECHNOLOGIES	1746	8	849	5	2468	7	1708	4
11	THALES	1399	10	1067	4	2243	9	1638	5
12	SAIC	150	31	29	33	191	31	27	35
13	OSHKOSH TRUCK	35	36	7	36	95	35	25	36
15	HONEYWELL	6676	3	2408	3	10443	3	4435	2
16	SAFRAN	1296	13	409	14	1295	14	303	22
17	ROLLS-ROYCE	832	16	420	13	1832	10	1074	8
18	GENERAL ELECTRIC	11058	2	3804	1	15927	2	5290	1
19	ITT	1441	9	614	9	1077	16	480	14
26	ALLIANT TECHSYSTEMS	200	29	91	28	242	29	66	30
27	ROCKWELL COLLINS	406	21	24	34	710	19	29	34
28	SAAB	309	24	162	20	483	25	339	20
30	TEXTRON	255	27	55	29	365	27	68	29
31	RHEINMETALL	969	15	450	12	1244	15	812	10
32	HEWLETT- PACKARD	13914	1	2692	2	18850	1	4017	3
40	COBHAM	90	32	37	31	151	32	66	30
41	GOODRICH	477	20	331	19	696	20	459	15

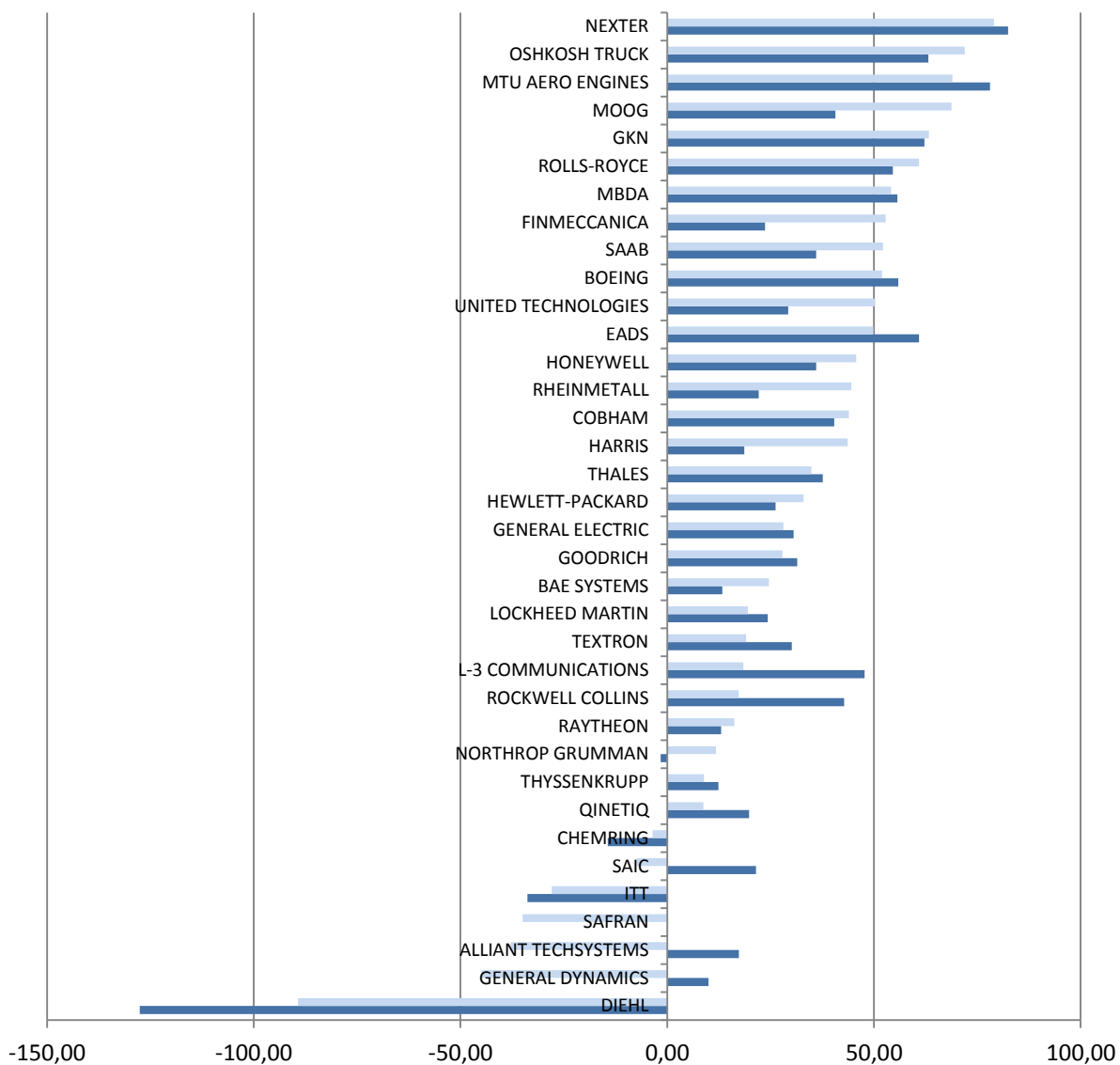
43	HARRIS	1074	14	343	18	1320	13	609	12
50	QINETIQ	526	19	375	15	656	21	411	18
55	NEXTER	42	35	42	30	239	30	200	23
56	THYSSENKRUPP	546	18	369	16	623	22	405	19
63	DIEHL	223	28	106	25	98	34	56	32
66	GKN	365	23	118	24	966	17	322	21
72	MOOG	51	33	10	35	86	36	32	33
74	CHEMRING	557	17	145	21	487	24	140	25
100	MTU AERO ENGINES	169	30	133	23	771	18	429	17

Source : OST-Patstat-Orbis, traitement les auteurs

Quelques constats peuvent être réalisés à ce stade. Tout d'abord, les firmes leaders sur le marché mondial de l'armement ne sont pas nécessairement les plus actives sur le marché européen en termes de dépôts de brevet. A titre d'illustration, General Dynamics positionné en 5^{ème} position dans le classement SIPRI 2010 n'arrive qu'en 27^{ème} position des dépôts de brevets européens en 2008 avec 98 familles de brevets qui ont un brevet déposé à l'Office européen des brevets

Ensuite, les firmes européennes ne sont pas les plus actives sur le marché européen en termes de nombre dépôts de brevets. A titre d'illustration, parmi les 5 premiers déposants de brevets européens, seul Thales est un groupe européen.

Figure 2 Evolution (%) du nombre de familles de brevets (quelque soit l'office) comparée à l'évolution du portefeuille de brevets européens des firmes leaders sur le marché de l'armement entre 2002 et 2008.



■ Evolution en % des familles EP du portefeuille de familles de brevet 2002-2008

■ Evolution en % du portefeuille de familles de brevet 2002-2008

LA PLACE DES OPPOSITIONS DANS LA STRATEGIE DE PROPRIETE INTELLECTUELLE DES LEADERS SUR LE MARCHE DE L'ARMEMENT

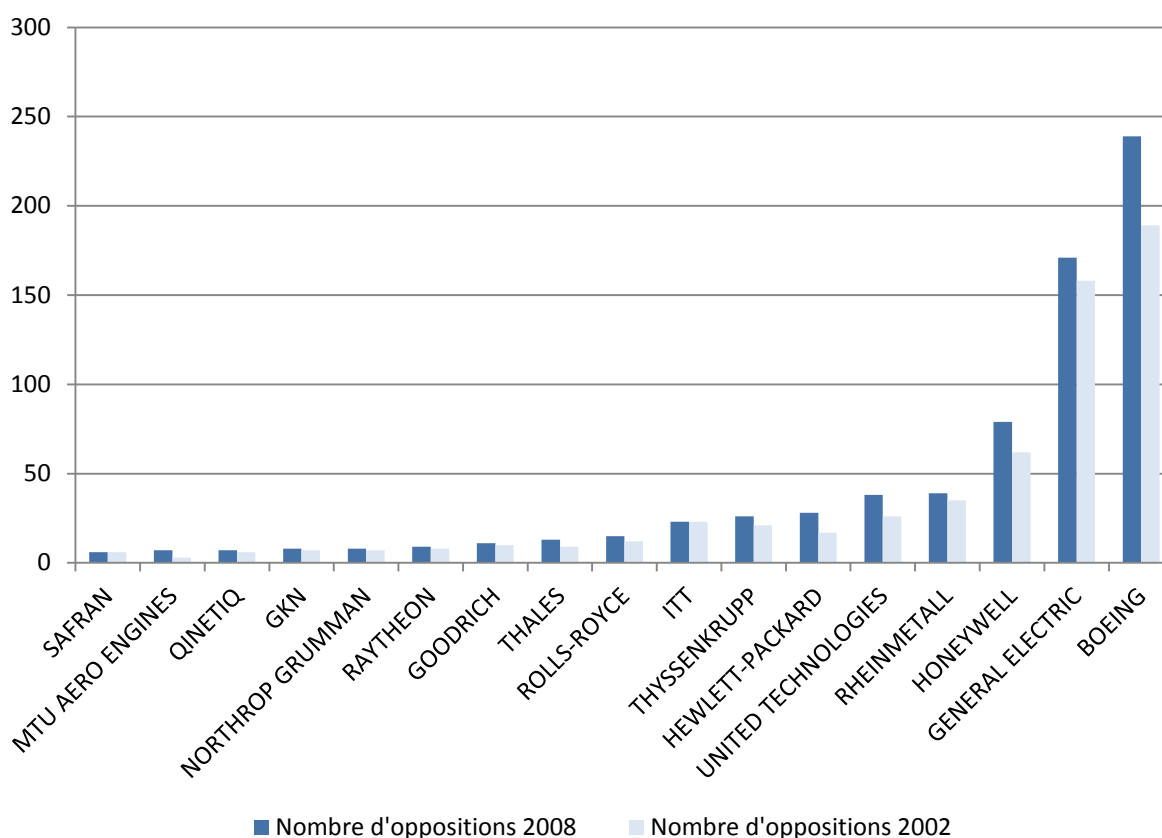
Les procédures de contestation de brevets, notamment les procédures d'opposition, représentent des indicateurs largement utilisés dans la littérature comme proxy de la valeur des brevets (Harhoff et al. 2003, Reitzig 2004, Bessen 2006, Cincera 2008 par exemple). Si une partie remet en cause la validité d'un brevet et accepte d'en assumer le coût, il est supposé qu'un certain bénéfice en est attendu. Cela implique que les brevets inutiles ou "sans valeur" ne sauraient être attaqués, puisqu'il n'existe pas de motivation raisonnable à le faire. Les oppositions constituent ainsi potentiellement un indicateur de la valeur des brevets. Bessen (2006) montre que les brevets faisant l'objet de litiges ont nettement plus de valeur (presque six fois plus) que les autres. Leur utilisation plus ou moins importante selon les secteurs d'activités souligne aussi la manière dont les relations concurrentielles se manifestent au niveau de la gestion de la propriété intellectuelle.

Nous avons étudié les pratiques concernant les oppositions reçues et émises par les leaders européens et américains sur le marché mondial de l'armement à partir des données disponibles pour les brevets européens. En effet, l'office européen des brevets met à disposition des chercheurs, au travers de la base Patstat, les informations concernant les litiges. Cette information n'est malheureusement pas disponible pour les brevets américains.

Les oppositions émises et reçues par les leaders sur le marché de l'armement

Le premier constat est que le nombre d'oppositions est réduit. Le graphique suivant montre les oppositions reçues jusqu'en 2002 puis jusqu'en 2008 pour les entreprises qui ont fait l'objet de plus de 5 oppositions. On constate que la majorité des entreprises étudiées ont reçu très peu d'oppositions. Sur les 36 groupes analysés, seuls 11 ont plus de 10 oppositions en 2008. La hiérarchie est relativement stable entre 2002 et 2008. On note le cas spécifique de Boeing qui se démarque largement avec un nombre important d'oppositions.

Figure 3 – Nombre d’oppositions reçues (>5) par firmes leaders sur le marché de l’armement en 2002 et 2008



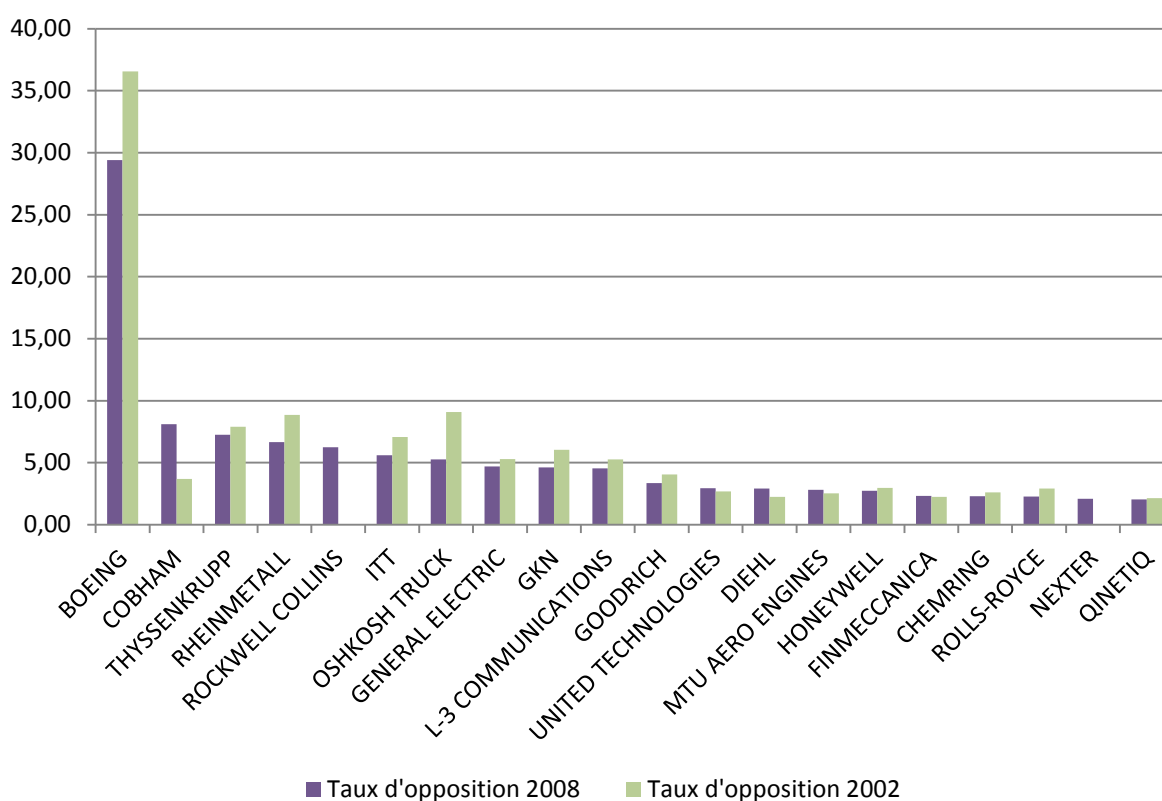
Six groupes n’ont reçu aucune opposition en 2008 sur l’ensemble de leur portefeuille de brevets. Cinq d’entre eux sont des groupes américains, qui sont relativement peu présents sur le marché européen de l’armement. De plus ces groupes ont peu de brevets délivrés à l’EPO, ce qui réduit de fait les risques d’opposition.

Tableau 5 – firmes leaders sur le marché de l’armement et n’ayant reçu aucune opposition sur leurs brevets européens en 2008

GROUPE	Pays	Nombre de famille de brevets en 2008	Total_Opposition 2008	Total_NB_delivre 2008
MBDA	FR	128	0	43
GENERAL DYNAMICS	US	720	0	91
SAIC	US	267	0	13
ALLIANT TECHSYSTEMS	US	405	0	69
TEXTRON	US	644	0	69
MOOG	US	122	0	12

Le taux global d'opposition¹⁰ est très faible (3.3%) et bien en dessous de la moyenne sur l'ensemble des brevets EPO (entre 6 et 8%) mais la dispersion est très forte. On observe que Boeing se démarque avec un taux d'oppositions très élevé puisque près de 30% de ses brevets délivrés sont opposés. Le classement est légèrement différent que le classement en nombre total d'oppositions pour les autres groupes. En particulier, Cobham et Rockwell collins ont des taux relativement importants alors qu'ils n'avaient pas plus de 10 oppositions en 2008. Ce résultat résulte de leur faible nombre de brevets européens délivrés et pourrait être le signe d'un fort niveau de spécialisation dans un domaine jugé stratégique par les concurrents.

Figure 4 - Taux d'opposition en 2002 et 2008 pour les groupes leaders sur le marché de l'armement



Les leaders sur le marché mondial de l'armement ne recourt pas non plus souvent aux oppositions. Sur les 36 groupes étudiés, seuls 14 d'entre eux ont réalisé des oppositions sur l'ensemble de la période. Pour ces 14 groupes le nombre d'oppositions émises est très faible. Le chiffre ne dépasse pas 8 (pour MTU Aero engine) et 7 (pour Thales). La seule exception

¹⁰ Le taux d'opposition est le nombre total d'oppositions reçues sur le nombre total de brevets délivrés par l'EPO. En réalité, les oppositions peuvent concerner un même brevet car elles peuvent être réalisées par des firmes différentes. On considère néanmoins que ce taux, tel qu'il est calculé, constitue une bonne approximation du taux d'opposition.

(de taille) concerne EADS, devenu Airbus group, qui a réalisé sur l'ensemble de la période 244 oppositions.

Le constat qui s'impose est que les oppositions ne constituent donc pas une pratique très importante pour les leaders sur le marché mondial de l'armement à l'exception de Boeing et Airbus group, qui représente un duopole mondial et sont au cœur de deux écosystèmes en compétition sur le marché de l'aéronautique et de la Défense.

Oppositions et qualité technologique des brevets

Les pratiques d'oppositions étant très ciblées et représentant plutôt des pratiques d'exception (mise à part Boeing et Airbus group), il est difficile de les considérer comme des indicateurs de qualité technologique. Par ailleurs, les oppositions ne sont pas corrélées aux indicateurs de qualité technologique, basés sur les citations. En effet, on observe aucune relation significative entre le nombre total d'oppositions reçues par les groupes (ou le taux d'opposition) et leurs indices moyens de généralité, d'originalité ainsi que le nombre moyen de citations reçues. Cette situation peut s'expliquer par le fait que les oppositions constituent une pratique rare essentiellement gérée entre différents écosystèmes (par exemple celui de Boeing face à celui d'Airbus group) alors qu'au sein des écosystèmes, les principales firmes sont trop liées dans la conception des programmes complexes pour développer ce type de stratégies. Cela expliquerait la corrélation négative (mais à hauteur seulement de 22% et à un seuil de significativité 10%) entre le nombre d'opposition totale et la part du chiffre d'affaire Défense. Les entreprises qui réalisent une part très importante de leurs chiffres d'affaires sur le marché de l'armement reçoivent moins d'oppositions.

Les principaux opposés/ opposants : les caractéristiques clés

Contrairement à Sterlacchini (2012) qui étudie les oppositions sur le Marché européen des « white goods », les oppositions dans le secteur de la Défense, ne semblent donc pas être utilisées comme un outil concurrentiel clé dans les relations entre entreprises. La matrice présentée dans les pages suivantes de ce rapport présente les oppositions réciproques (i.e. qui reçoit et qui fait les oppositions). A partir de cette matrice, deux constats peuvent être réalisés et permettent d'affiner cette première conclusion.

Tout d'abord, on constate que les oppositions sont une « arme » mobilisée largement dans les relations entre EADS (Airbus group) et Boeing sur le marché de propriété intellectuelle en Europe. En effet, plus de 95 % des oppositions réalisées par EADS se font en direction de

Boeing. On peut supposer que l'on a là, un signe de la très forte concurrence dans le duopole qui oppose Boeing à Eads. Malheureusement nous avons pas d'informations sur les stratégies d'opposition de ces deux entreprises sur le marché américain.

Ensuite, cette matrice montre que seulement 38% des oppositions sont faites par un des leaders analysés. Une analyse par acteur montre même qu'ils ne sont que 5 sur 36 à avoir fait au moins 5 oppositions sur leurs concurrents sur le marché mondial de l'armement. Et parmi ces 5, Eads comptabilise plus de 85% des oppositions et la majorité en direction de Boeing. EN dehors de la relation concurrentielle entre Boeing et EADS, les firmes leaders du marché de l'armement reçoivent ainsi davantage d'oppositions de la part de firmes qui ont leurs activités en dehors du marché de l'armement. Ainsi Siemens (et ses filiales) constitue l'une des principales entreprises qui réalisent des oppositions à l'égard de Thales, Safran, Qinetiq mais aussi et surtout à l'encontre de United Technologies et General Electric. Honeywell qui a reçu 79 oppositions a été attaqué par de nombreuses entreprises spécialisées en chimie comme Arkema ou encore Rodia Chimie...

Ainsi, contrairement à d'autres secteurs, les oppositions peuvent être considérées comme un épiphénomène dans les relations sur le marché mondial de l'armement et de l'aéronautique à l'exception de la relation entre Airbus group et Boeing.

Tableau 6 – Matrice des oppositions pour les groupes liés à la Défense

GRUPE	BAE SYSTEMS	DIEHL	EADS	GOODRICH	HONEYWELL	MTU AERO ENGINES	NORTHROP GRUMMAN	RAYTHEON	RHEINMETAL	ROLLS ROYCE	SAAB	SAFRAN	THALES	TECHNOLOGI ES	INCONNUE	Total des oppositions reçues	Part des oppositions par des non "concurrents "
EADS	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	4	50,00
SAFRAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	100,00
MTU AERO ENGINES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	4	7	57,14
QINETIQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	100,00
GKN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	100,00
NORTHROP G.	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	6	8	75,00
RAYTHEON	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	7	9	77,78
GOODRICH	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	4	11	36,36
THALES	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	13	76,92
ROLLS-ROYCE	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	11	15	73,33
ITT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	23	100,00
THYSSENKRUPP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	26	100,00
HEWLETT-PACKARD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	28	100,00
UNITED TECH.	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	38	94,74
RHEINMETALL	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	6	0	32	39	82,05
HONEYWELL	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	75	79	94,94
GENERAL ELECTRIC	0	0	0	0	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0	163	171	95,32
BOEING	0	0	235	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	239	1,26
TT Opp. Emises	1	4	244	1	3	8	2	1	5	1	2	6	7	1	474	760	62,37

LES DETERMINANTS TECHNOLOGIQUES DE LA PERFORMANCE ECONOMIQUE ET DE LA PERFORMANCE A INNOVER DES LEADERS SUR LE MARCHE DE L'ARMEMENT

L. Cassi, E.P. Gallié, V. Mérindol, A. Plunket

INTRODUCTION

L'objectif de cette partie est d'étudier les déterminants de la valeur économique des groupes européens et américains leaders sur le marché de l'armement. Il s'agit donc ici de s'intéresser à la valeur économique privée de l'ensemble du portefeuille de brevets des groupes et non pas des brevets pris individuellement comme dans les chapitres précédents. Cette approche se justifie par le fait que la performance économique des entreprises découlent de la valeur économique des produits vendus or ceux-ci ne reposent que très rarement sur un seul brevet. Autrement dit, la contribution économique d'un bien résulte d'un ensemble de technologies protégées par un portefeuille de brevets (Schmoch et al. 2010, p.22).

Comment expliquer la performance économique et technologique des entreprises ? Nous nous intéressons ici particulièrement aux déterminants technologiques et concurrentiels. Notre hypothèse majeure est de considérer que les inventions et les compétences des entreprises influencent leurs performances économiques comme leurs performances à innover. L'intérêt de notre travail est précisément de tester ces différentes dimensions. Nous considérons que les déterminants sont multiples. Si les caractéristiques intrinsèques des inventions brevetées (généralité, originalité, nombre de citations étudiés dans les chapitres précédents) contribuent à expliquer la valeur économique des entreprises, d'autres dimensions jouent aussi un rôle clé. Il s'agit en particulier :

- des compétences et du positionnement technologique de l'entreprise. Plusieurs caractéristiques sont ici prises en compte comme le profil technologique (Patel et Pavit, 1997) qui sera décrit plus loin, ainsi que la capacité de l'entreprise à innover et à s'adapter aux changements technologiques, capacités approximées par la diversité et la cohérence de ses compétences technologiques.

- des compétences des concurrents directs ou tout du moins des entreprises qui présentent un profil technologiquement proche. La concurrence entre les entreprises peut avoir un impact positif ou négatif sur les entreprises. Si les entreprises bénéficient d'externalités de connaissances produites par les entreprises technologiquement proches, l'effet peut être positif. En revanche, si la concurrence conduit à exclure les concurrents d'un domaine technologique à l'issue d'une course aux brevets, alors l'impact sera négatif.

Afin d'étudier l'impact des compétences et du positionnement technologique des entreprises et de leurs concurrents, il a été fait le choix de considérer les performances économiques et technologiques au niveau de l'entreprise. Autrement dit, il s'agit de considérer l'impact du positionnement technologique de l'ensemble de l'entreprise sur les performances de l'ensemble de l'entreprise y compris de ses filiales. La première partie cherche à expliquer la performance économique évaluée par la valorisation du marché et par le résultat d'exploitation de l'entreprise alors que la seconde s'attache à expliquer la performance technologique évaluée par le nombre de familles du portefeuille les plus généraux, les plus originaux et les plus cités, fondés respectivement sur les indices de généralité, d'originalité et sur le 1% des brevets les plus cités.

LES DETERMINANTS CONCURRENTIELS ET TECHNOLOGIQUES DE LA PERFORMANCE ECONOMIQUE DES GROUPES LEADERS SUR LE MARCHE DE L'ARMEMENT

Cette section présente dans un premier temps les indicateurs choisis pour estimer la valeur économique des entreprises. Il est fait l'hypothèse que la valeur économique de l'entreprise dépend des investissements réalisés, que cette valorisation se fasse sur le marché financier ou par la valeur comptable des résultats d'exploitation. Ces investissements accumulés, années après années, constituent des stocks d'actifs tangibles et intangibles. La présentation de ces actifs fait l'objet d'une seconde sous-section. Enfin, les actifs ne suffisent pas à expliquer la performance des entreprises ; les choix stratégiques opérés en termes de positionnement technologique semblent tout aussi importants. La grille de lecture permettant de caractériser le profil technologique des entreprises est présentée dans la sous-section suivante. La dernière sous-section présente et discute les résultats obtenus.

Les indicateurs de la valeur économique des entreprises

Afin d'évaluer la valeur économique du groupe, deux indicateurs sont considérés : la valeur de marché mesurée par le Q de Tobin (Hall et al. 2005, McGahan et Silverman, 2006, Belderbos et al. 2013) et la rentabilité des actifs mesurée par le résultat d'exploitation relatif aux actifs. Ces deux indicateurs sont complémentaires car ils donnent deux approches de la valeur économique de l'entreprise. La valeur de marché donne en quelque sorte une mesure de la valeur économique « future » de l'entreprise alors que le rendement des actifs mesuré par le profit relatif aux actifs tend à évaluer la valeur économique actuelle de l'entreprise.

Le Q de Tobin mesure *la performance de marché* et intègre les anticipations de revenus futurs alors que le rendement des actifs rend compte exclusivement de la valeur présente des profits (Sandner et Block, 2011).

L'approche par la valeur de marché combine des données comptables et la valorisation par les marchés financiers. Elle est communément utilisée pour évaluer les rendements de l'innovation et des actifs intangibles. La valeur de marché suppose que le prix de l'entreprise est une fonction de ses actifs qu'ils soient tangibles ou intangibles. Les actifs intangibles peuvent être représentés ici par les investissements en R&D ainsi que les brevets, toutefois le nombre de familles de brevets n'est pas très informatif car il ne tient pas compte de l'hétérogénéité de la qualité des brevets. Par conséquent, il est préférable de considérer les citations reçues pondérées par le nombre de brevets. Ces variables sont définies dans les sections suivantes. Les actifs tangibles sont mesurés directement à partir de leur valeur comptable.

$$Q \text{ de Tobin} = \frac{\text{Valeur de marché}}{\text{Valeur des actifs}} = \frac{\text{Capitalisation boursière} + \text{Valeur des dettes}}{\text{Valeur des actifs}}$$

Les dettes comprennent les dettes à long terme ainsi que les dettes courantes (Hall et Oriani, 2006).

Comme l'approche par la valeur de marché conduit à une évaluation de l'entreprise par les participants du marché et n'est pas nécessairement la meilleure approximation de la performance de l'entreprise à un moment donné du temps, nous avons également tenu compte de la *rentabilité des actifs*, ROA¹¹. Elle mesure la profitabilité ou la valeur présente de

¹¹ Return on assets

l'entreprise. Elle se calcule en faisant le rapport entre les résultats d'exploitation, c'est-à-dire les résultats net (non financiers) avant intérêts et impôts divisés par la valeur comptable des actifs de l'entreprise :

$$\text{ROA} = \text{Résultat net} / \text{Actifs}$$

D'un point de vue méthodologique, l'objectif est d'estimer l'impact des actifs tangibles et intangibles et de leur qualité sur la valeur économique de l'entreprise sur la base d'un échantillon d'entreprises majeures du secteur de l'armement. Il est habituel de ne pas contrôler l'hétérogénéité non observée des entreprises pour appréhender l'impact et cela, pour deux raisons : premièrement, l'intérêt porte sur l'estimation inter-entreprises ; deuxièmement, les actifs varient très lentement d'une année à l'autre, et l'introduction d'effets fixes entreprises pourraient conduire à un faible degré de variance dans les données (Hall, et al. 2005, Sandner et Block, 2011). Les estimations ont été réalisées par la méthode des moindres carrés ordinaires. Des effets fixes années sont en revanche introduits pour tenir compte des effets macroéconomiques qui peuvent affecter les marchés ou les résultats des entreprises. Les écart-types sont regroupés par entreprise.

Schématiquement, les estimations sont construites sur le modèle suivant :

$$\text{Valeur économique} = f\left(\text{Actifs} + \frac{R\&D}{\text{Actifs}} + \frac{\text{Brevets}}{R\&D} + \frac{\text{Citations}}{\text{Brevets}} + \dots\right)$$

L'ensemble des variables explicatives se rapporte à l'entreprise dans son ensemble et à son portefeuille de brevets. Les actifs permettent d'appréhender l'impact du stock d'investissement, il sert également d'approximation pour contrôler la taille des entreprises dans les régressions. L'impact des différents actifs est considéré en termes relatifs par l'intensité de R&D (Stock de R&D sur les actifs), la propension à breveter (le stock de brevet rapporté au stock des dépenses de R&D accumulées) et l'intensité des citations reçues (le stock de citations ou le stock de brevets dans le top 1% des plus cités rapportés au nombre de famille de brevets dans le portefeuille).

Evaluation des actifs intangibles technologiques

Le *stock de connaissances* accumulé par une entreprise ne peut être mesuré directement. Celui-ci peut être appréhendé par les investissements cumulés en R&D ainsi que le portefeuille de familles de brevets. Ces stocks sont ici au nombre de quatre, à savoir le stock

de R&D, le stock de (familles de) brevets, le stock des citations reçues et le stock des brevets situé dans le top 1% ayant reçu le plus de citations.

Le stock de R&D

Les investissements en R&D permettent de calculer un stock de R&D en utilisant la méthode de l'inventaire permanent. Il s'agit d'appliquer un taux de dépréciation, δ , qui s'applique à l'accumulation des flux de R&D. Par convention, le taux de dépréciation est de 15%.

$$R\&D_t^{Stock} = R\&D_t^{Flux} + (1 - \delta)R\&D_{t-1}^{Stock}$$

Pour calculer la valeur de départ du stock de R&D, il est appliqué de manière conventionnelle un taux de croissance annuel à la R&D, ici de 5%.

$$R\&D_0^{Stock} = \frac{1}{\delta + g} R\&D_0^{Flux}$$

Le stock de Brevets

Le stock de brevet est calculé pour l'ensemble des familles de brevets plutôt qu'aux brevets eux-mêmes. Cette variable mesure ainsi la taille du portefeuille de familles de brevets. Le stock se calcule comme précédemment en utilisant la méthode de l'inventaire permanent puisqu'il est fait l'hypothèse qu'une partie des brevets deviennent obsolètes et perdent de leur valeur. Le portefeuille de familles de brevet est calculé sur une période de dix années.

$$Brevets_t^{Stock} = Brevets_t^{Flux} + (1 - \delta)Brevets_{t-1}^{Stock}$$

Les stocks de citations et de top1%

Comme précédemment, il est calculé un stock de citations fondé sur le nombre de citations reçues par le portefeuille ainsi que le stock du top1% fondé sur le nombre des brevets parmi les 1% les plus cités, que l'on qualifie habituellement de *Breakthrough* dans la littérature. Les citations sont calculées sur une fenêtre de cinq années.

$$Citations_t^{Stock} = Citations_t^{Flux} + (1 - \delta)Citations_{t-1}^{Stock}$$

$$Top1\%_t^{Stock} = Top1\%_t^{Flux} + (1 - \delta)Top1\%_{t-1}^{Stock}$$

La R&D et les brevets des entreprises technologiquement proches

Afin d'identifier les entreprises technologiquement proches, une matrice des proximités technologiques a été calculée basée sur le nombre de familles du portefeuille et leur appartenance à leurs domaines technologiques en utilisant la méthode de la corrélation non centrée (Jaffe, 1989).

$$d_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^K f_{ik} f_{jk}}{\sqrt{\sum_{k=1}^K f_{ik}^2 \sum_{k=1}^K f_{jk}^2}}$$

La proximité technologique entre l'entreprise i et j est calculée à partir des vecteurs f_{ik} et f_{jk} qui représentent pour chaque entreprise le nombre de familles dans chaque domaine technologique k . Cet indice est compris entre 0 et 1 en fonction du degré de similitude de leur portefeuille tant en termes de nombre de familles que de domaines technologiques.

On calcule ensuite pour chaque entreprise i , les citations des entreprises j technologiquement proches en calculant la somme pondérée des citations reçues par les entreprises j proches de i . La pondération d_{ij} est le degré de proximité technologique entre l'entreprise i et l'entreprise j et on fait la somme sur l'ensemble des entreprises concurrentes j comme suit :

$$\text{Stock des citations des entr. techn. proches de } i = \sum_j d_{ij} * \text{Stock de Citation des entr. techn. proche } j$$

La même méthode est utilisée pour calculer les actifs, le stock de brevets, de R&D, du Top1% des brevets les plus cités des autres entreprises proche de l'entreprise i . Il est ensuite calculé les ratios R&D/Actifs, Brevets/R&D, Citations/Brevets et Top1%/Brevets des autres entreprises en utilisant au numérateur et aux dénominateurs les variables de stock correspondantes.

$$\text{R\&D/Actifs des entr. techn. proches} = \frac{\text{R\&D des entr. techn. proche}}{\text{Actifs des entr. techn. proche}}$$

Profils technologiques et variations de profils

Les familles de brevets des entreprises appartiennent à des domaines technologiques différents. Ainsi chaque famille de brevets a été assignée à un ou plusieurs domaines

technologiques à partir desquels, nous avons pu déterminer le profil technologique des entreprises.

Nous avons retenu la définition du profil technologique proposé par Patel & Pavitt (1989) qui propose une taxonomie visant à mieux caractériser les grandes firmes souvent multitechnologiques. Cette taxonomie a l'avantage de proposer la construction d'un profil technologique dans le cadre d'une comparaison avec les principaux concurrents de l'entreprise :

- les « core competences » : correspondent aux compétences technologiques de la firme lorsque le domaine technologique représente plus de 3 % du total de son portefeuille de brevets (quelque soit l'office considéré) et une spécialisation plus forte que la moyenne de ses concurrents (indice de spécialisation supérieure à 2).
- Les « background competences » : correspondent aux compétences technologiques de la firme lorsque le domaine technologique représente plus de 3 % du total de son portefeuille de brevets (quelque soit l'office considéré) bien que l'entreprise ne soit pas plus spécialisée dans ce domaine que ses concurrents (indice de spécialisation inférieur à 2).
- Les « compétences de niches » correspondent aux domaines technologiques pour lesquels l'entreprise est plus spécialisée que ses concurrents (indice de spécialisation supérieur de 2) même si la part de ce domaine technologique est faible (moins de 3 %) dans le total du portefeuille de brevet de l'entreprise.
- Les « compétences périphériques » correspondent aux domaines technologiques dans lesquels l'entreprise est active mais dépose peu de brevets : elle est moins spécialisée que ses concurrents, et ces domaines technologiques représentent une faible part de son portefeuille de brevets.

Pour chaque entreprise et chaque année, nous avons compté le nombre de domaines technologiques dans chaque positionnement, Niche, Core, Périphérique ou Background. Nous avons déterminé la part de domaines technologiques dans chaque positionnement. Nous avons également déterminé la stabilité des positionnements (le fait d'être en Niche et de rester en Niche, le fait d'être en Core et de rester en Core) et enfin les changements de positionnement, c'est à dire le nombre de domaines passés de Core à Background, de Périphérique à Niche, de Niche à Core et de Background à Périphérique.

La Diversité et la Cohérence technologiques

La diversité et la cohérence technologiques permettent d'appréhender la problématique des firmes multi-technologiques et d'étudier comment la composition des portefeuilles technologiques affecte leur capacité d'innovation (Breschi, Lissoni et Malerba, 2003). La diversité technologique offre l'opportunité d'une fertilisation croisée et de combinaisons diverses entre technologies. Elle s'explique largement par la complexité croissante des produits qui obligent les entreprises à maîtriser un nombre croissant de domaines technologiques. La diversité technologique n'est pourtant pas sans coût pour l'entreprise ; elle peut empêcher l'entreprise d'investir suffisamment dans certains domaines clés limitant ainsi les économies d'échelle liées à une masse critique insuffisante. Par ailleurs, une trop forte diversité des domaines de recherche peut entraîner des coûts accrus de coordination et d'intégration entre les différents domaines technologiques. C'est la raison pour laquelle il est important pour une entreprise de maintenir une certaine cohérence parmi les domaines technologiques dans lesquels elle investit. La cohérence du portefeuille rend compte du degré de complémentarité des domaines technologiques de l'entreprise. Les entreprises peuvent accroître leur performance si les synergies entre les technologies développées sont fortes.

La littérature académique définit deux mesures pour la diversité et la cohérence technologique

L'indice de diversité technologique d'une entreprise mesure la variabilité des sous domaines technologique dans lesquelles elle brevète. Cet indice est borné entre 0 et 1.

$$\text{Div}_{G1} = 1 / \left(\sum_{i=1}^{\text{Nb SD}} (\text{Part de brevets dans le domaine } i)^2 \right)$$

Où :

Nb SD est le nombre des différents sous domaines des brevets de l'entreprise G1.

Dans cette étude, l'indice de diversité est calculé en considérant le stock de brevets sur une période de 4 ans.

L'indice de cohérence d'une entreprise mesure sa capacité à produire des inventions technologiques proches ou éloignées. Son calcul prend en compte une mesure de proximité (noté t_{ij}) entre les différents sous-domaines technologiques. Tous les calculs sont décrits en détail dans l'article de Lionel Nesta et Pier Paolo Saviotti (2005).

En résumé, pour une firme ayant des brevets dans n sous-domaines technologiques, l'indice de cohérence est défini comme :

$$COH = \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_i}{\sum_i P_i} * WAR_i \right)$$

Où :

- P_i : est le poids du sous domaine i dans l'ensemble des brevets de l'entreprise
- WAR_i : est le degré de liens moyens du sous-domaine i avec tous les autres sous-domaines auxquels appartiennent les brevets de l'entreprise.

Un indice de cohérence positif indique que les inventions de l'entreprise sont technologiquement proches, voire complémentaires. Tandis qu'un indice de cohérence négatif montre la capacité de l'entreprise à innover dans des sous-domaines technologiques indépendants.

Dans le cadre de cette étude, le corpus de brevets est constitué de brevets européens dont la date de priorité est comprise entre 1990 et 2010. L'indice de cohérence de chaque entreprise est calculé en considérant le stock de brevets à 5 ans. Ces critères de sélection ont permis de calculer les indices de cohérence des entreprises entre 1994 et 2010.

Les tableaux présentant les statistiques descriptives ainsi que les corrélations des variables incluses dans les régressions sont présentées en annexe.

Les résultats obtenus sur la valeur de marché des entreprises (Tobin q)

Les résultats sont présentés dans les tableaux ci-dessous. Considérons pour commencer, l'impact des actifs intangibles sur la valorisation de marché. Le premier constat est que la propension à breveter (le ratio Brevets sur R&D) est toujours positive et très significatif. Autrement dit, la capacité des groupes leaders du marché de l'armement à engendrer des inventions est particulièrement valorisée par le marché. L'intensité de R&D (le rapport de la

R&D sur les actifs), c'est-à-dire l'effort d'investissement de l'entreprise dans la création de connaissances est une condition importante dans la course aux innovations. Le rôle de l'accumulation des connaissances dans la valeur économique des groupes leaders sur le marché de l'armement n'est pas surprenant et s'explique par le fait que la capacité à gérer des programmes de plus en plus complexes suppose une accumulation de connaissances et d'expériences particulièrement importante.

Lorsque l'on considère l'impact du nombre moyen de citations (le rapport nombre de Citations sur le nombre de familles de brevets) et de brevets dans le top1% des familles les plus citées, les résultats apparaissent plus contrastés. Le nombre moyen de citations reçues réduit la valorisation de marché, seuls les brevets remarquables, ceux qui reçoivent le plus de citations, sont valorisés de manière positive. Cela tend à confirmer que la qualité technologique intrinsèque des brevets porte sur un nombre limité d'inventions et que ce sont ces inventions qui sont sources de valeur économique.

La diversité technologique de l'entreprise reçoit également un accueil favorable par les marchés financiers, toutefois avec un effet non linéaire. Le marché valorise la diversité mais pas excessive. En revanche, la cohérence ne semble pas valorisée. Ce résultat peut s'interpréter comme le fait que la cohérence, à proprement parler, n'est pas déterminante contrairement aux stratégies touchant aux profils technologiques. En effet, les résultats montrent que les marchés valorisent particulièrement les compétences technologiques de niches. Celles-ci sont effectivement spécifiques aux entreprises et selon les résultats obtenus leur garantissent un avantage comparatif sur les marchés. Les brevets déposés dans les domaines de niche représentent une part réduite des brevets du portefeuille de l'entreprise, mais la spécialisation dans ces domaines est cependant bien plus forte que celle rencontrées chez les concurrents (ou dans les autres domaines non niches). L'absence d'impact de la cohérence et le rôle des compétences niches pourrait être une spécificité des marchés comme l'armement où la gestion de grands programmes nécessite une variété des compétences, tout en ayant des compétences niches, i.e. qui permettent de se différencier et d'apporter une valeur ajoutée spécifique.

Les compétences core ne semblent pas jouer un rôle significatif ce qui peut paraître surprenant. Les core competences représentent des domaines technologiques dans lesquels l'entreprise a beaucoup de brevets et elle est de plus bien plus spécialisée dans ces domaines que ses concurrents. Il s'agit donc de domaines dans lesquels les entreprises sont très actives mais les résultats tendent à montrer que si l'activité dans les core competences est un domaine

technologique cœur, ce n'est pas dans ces domaines que l'entreprise innove de manière radicale. On retrouve la thèse selon laquelle les monopoles ne sont pas les plus innovants, car ils ne possèdent aucun intérêt à remettre en cause leur pouvoir de marché.

Concernant les variables de contrôle, il apparaît que la taille de l'entreprise ne joue pas de rôle sur la valeur économique (future). En effet, le log des actifs de l'entreprise (qui permet de tester l'impact de la taille de l'entreprise sur la valorisation de l'entreprise) n'est jamais significatif. Cela peut paraître surprenant mais comme le travail porte sur les leaders mondiaux, la taille ne joue peut être pas comme élément de différenciation pour les performances économiques.

Tableau 7 – résultats économétriques sur les déterminants de la valeur économique future (Tobin q)

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Actifs de l'entreprise	-0.014 [-0.23]	-0.036 [-0.68]	-0.105 [-1.40]	-0.058 [-0.94]	-0.058 [-0.94]
R&D/Actifs	0.209 [1.69]	0.155 [1.11]	0.220 [1.47]	0.327* [2.27]	0.327* [2.27]
Brevets/R&D	0.259** [3.49]	0.216** [3.31]	0.278*** [4.09]	0.287*** [4.71]	0.287*** [4.71]
Citations/Brevets	-0.225 [-1.33]	-0.676* [-2.61]	-0.519* [-2.50]	-0.380* [-2.14]	-0.380* [-2.14]
TOP1%/Brevets		0.378* [2.25]	0.327* [2.57]	0.325* [2.78]	0.325* [2.78]
Diversité sur 5 ans			0.271* [2.32]	0.324** [2.90]	0.324** [2.90]
Diversité sur 5 ans 2			-0.011* [-2.18]	-0.012** [-2.84]	-0.012** [-2.84]
Cohérence			0.023 [0.64]	0.002 [0.07]	0.002 [0.07]
Ref. # de Background # de Niches				0.190** [3.07]	
# de Cores				0.063 [1.41]	
# de Périphériques				0.058 [1.37]	
Part des sd Niche					6.644** [3.07]
Part des sd en Core					2.211 [1.41]
Part des sd en Périph.					2.023 [1.37]
Ref. Fourniss. Multipl Fourniss. spé	0.123 [0.58]	0.294 [1.62]	0.332+ [1.87]	0.356* [2.53]	0.356* [2.53]
Intégrateurs compl.	-0.414	-0.283	-0.212	-0.196	-0.196

	[-1.42]	[-1.09]	[-1.02]	[-1.15]	[-1.15]
Intégrateurs spé.	0.524*	0.573*	0.876**	0.799***	0.799***
	[2.62]	[2.73]	[3.15]	[3.85]	[3.85]
Constant	1.955	3.029*	3.742+	0.712	0.712
	[1.63]	[2.48]	[1.84]	[0.38]	[0.38]
	190	169	169	169	169
R2	0.466	0.523	0.591	0.642	0.642
Effets fixes années	Inclus	Inclus	Inclus	Inclus	Inclus
Robust t-statistics in brackets	*** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05, + p<0.1				

Le tableau suivant explore l'impact de l'évolution des profils technologiques des entreprises sur la valorisation boursière de l'entreprise. Le nombre de compétences qui reste stable dans le profil technologique de l'entreprise semble valorisé de manière négative. A l'inverse certaines dynamiques d'évolutions des compétences technologiques au sein du profil des entreprises ont un impact positif. Ainsi le passage d'une compétence technologique de Niche à Core est valorisé positivement par le marché. Cette situation peut s'expliquer par le fait que les années 1990 et 2000 sont des années de profondes évolutions des technologies mobilisées dans les systèmes d'armes. Les marchés valorisent alors une adaptation des compétences des entreprises aux changements technologiques.

A noter une seule exception notable concerne les compétences technologiques de niche. Le marché valorise la stabilité dans le temps des compétences de niches. Cela confirme le caractère stratégique de ces compétences évoqué précédemment : elles apparaissent sans doute comme une source de différenciation donc de revenus futurs, et un potentiel de passage de compétences de niche à core compétence dans le futur.

Tableau 8 Résultats économétriques sur l'impact de l'évolution des caractéristiques de l'entreprise sur sa valeur économique future (Tobin q)

VARIABLES	(6)	(7)	(8)
Actifs de l'entreprise	-0.091	-0.081	-0.092
	[-1.28]	[-1.08]	[-1.40]
R&D/Actifs	0.243	0.254	0.251+
	[1.60]	[1.69]	[1.75]
Brevets/R&D	0.297***	0.266***	0.292***
	[4.23]	[4.15]	[4.18]
Citations/Brevets	-0.538*	-0.350+	-0.507*
	[-2.66]	[-1.81]	[-2.36]
TOP1%/Brevets	0.342*	0.277*	0.346*
	[2.78]	[2.20]	[2.70]
Diversité sur 5 ans	0.271*	0.267*	0.285*

	[2.43]	[2.37]	[2.44]
Diversité sur 5 ans 2	-0.011*	-0.011*	-0.011*
	[-2.32]	[-2.28]	[-2.30]
Cohérence	0.024	0.004	0.017
	[0.68]	[0.12]	[0.49]
# de profils stables	-0.074*		
	[-2.11]		
# de Niche stables		0.128**	
		[3.15]	
# de Core stables		0.039	
		[0.90]	
# de Core → Background			-0.037
			[-0.40]
# de Peripheral → Niche			0.173+
			[1.81]
# de Niche → Core			0.405*
			[2.35]
# de Background → Peripheral			0.035
			[0.82]
Ref. Fourniss. Multipl			
Fourniss. spé	0.343+	0.381*	0.338+
	[1.96]	[2.52]	[1.92]
Intégrateurs compl.	-0.227	-0.215	-0.203
	[-1.11]	[-1.18]	[-0.97]
Intégrateurs spé.	0.907**	0.789**	0.903**
	[3.30]	[2.96]	[3.22]
Constant	6.332*	2.614	3.543+
	[2.41]	[1.34]	[1.83]
Observations	169	169	169
R2	0.602	0.615	0.606
Effets fixes années	Inclus	Inclus	Inclus

Le tableau suivant s'intéresse à l'impact de l'activité d'innovation des concurrents sur la valorisation boursière des entreprises. Les concurrents sont ici définis par leur proximité technologique. L'entreprise bénéficie positivement tant de l'intensité de R&D que des citations moyennes reçues par les concurrents. Etre dans un secteur intensif en R&D et innovant renforce donc la valeur économique de l'entreprise perçue par le marché. Les secteurs intensifs en R&D seraient donc considérés comme porteur de plus grande valeur économique, ce qui confirme les hypothèses de la littérature qui considèrent que l'innovation est le moteur de la croissance. En revanche, le fait que les concurrents aient parmi leurs familles de brevets, des familles qui sont très citées, a en revanche un impact négatif. Le marché sanctionne les entreprises qui ont moins de top1% en valorisant plutôt les concurrents qui ont des technologies remarquables.

Tableau 9 – Résultats économétriques sur l'impact des concurrents technologiquement proches sur la valeur économique de l'entreprise

Estimation du q de Tobin			
VARIABLES	(9)	(10)	(11)
Actifs de l'entreprise	-0.095 [-1.24]	-0.101 [-1.21]	-0.095 [-1.11]
R&D/Actifs	0.399** [3.12]	0.349* [2.73]	1.179* [2.32]
Brevets/R&D	0.370*** [5.71]	0.345*** [5.44]	0.357*** [5.49]
Citations/Brevets	-0.243* [-2.38]	-0.285* [-2.66]	-0.248* [-2.39]
Diversité sur 5 ans	0.369*** [4.60]	0.353*** [3.97]	0.352*** [3.95]
Diversité sur 5 ans 2	-0.014*** [-4.41]	-0.014*** [-3.75]	-0.014** [-3.67]
Cohérence	-0.009 [-0.32]	-0.002 [-0.05]	-0.006 [-0.19]
R&D/Actifs des entreprises tech. proche	0.932+ [1.71]	1.076+ [1.78]	2.392** [2.92]
Brevets/R&D des entreprises tech. proche	0.145 [0.40]	0.039 [0.11]	-0.078 [-0.21]
Citations/Brevets des entreprises tech. proche	15.595* [2.60]	4.028+ [1.94]	5.140* [2.41]
TOP1%/Brevets des entreprises tech. proche	-8.423* [-2.36]		
Interaction R&D/actifs de l'entr. et des entr. Tech proche			0.348 [1.68]
Ref. Fourniss. Multipl Fourniss. Spé	0.191 [1.12]	0.230 [1.25]	0.255 [1.38]
Intégrateurs compl.	-0.384+ [-1.94]	-0.337 [-1.55]	-0.314 [-1.48]
Intégrateurs spé.	0.919*** [4.71]	0.938*** [4.13]	0.948*** [4.36]
Constant	-14.256 [-1.30]	9.934 [1.70]	13.480* [2.47]
Observations	165	165	165
R2	0.669	0.633	0.643
Effets fixes années	Inclus	Inclus	Inclus

Encadré 1 – Synthèse des déterminants de la valeur économique (future) des groupes Leaders sur le marché de l'armement

Les déterminants qui influencent la valeur économique future des groupes leaders sur le marché de l'armement sont :

- L'accumulation de la technologie et les investissements en R&D
- Les *breakthrough* inventions (top 1 %)
- La diversité technologique modérée
- Les compétences de niche

Le marché est sensible à l'évolution du profil technologique, qui peut être considéré comme une capacité d'adaptation des entreprises. L'évolution du profil technologique dans le temps des groupes leaders sur le marché de l'armement a un impact sur leur valeur économique (future), impact qui varie selon les compétences analysées :

- Les dynamiques d'évolution du profil technologique ont un impact positif sur la valeur économique future des entreprises
- Seule la stabilité des compétences de niche ont un impact positif sur la valeur de l'entreprise.

L'impact de l'environnement concurrentiel doit être pris en compte :

- L'intensité technologique des entreprises proches technologiquement a un impact positif sur la valeur économique future de l'entreprise
- En revanche les positions d'excellence technologique (top 1 %) des firmes technologiquement proches a un impact négatif

Les résultats obtenus sur la valeur économique (actuelle) des entreprises (ROA)

Cette partie s'intéresse à la manière dont les activités d'invention et les stratégies technologiques affectent la profitabilité des entreprises.

Le premier résultat qui ressort de l'analyse concerne l'impact très significatif de l'intensité de R&D et du nombre moyen de familles de brevet sur la rentabilité des actifs. La rentabilité des entreprises est accrue par leurs investissements dans les activités de R&D : plus le montant dépensé en R&D par rapport aux actifs est important et plus l'impact sur la rentabilité sera élevé. Cela confirme le rôle clé de l'accumulation des connaissances dans les groupes leaders sur le marché de l'armement. La propension à breveter (le ratio Brevets sur R&D) joue également un rôle important. Il en va de même pour la diversité et la cohérence technologiques. Contrairement à ce qui a été analysé pour la valeur économique future, les attributs de cohérence et diversité technologiques sont des éléments clés pour la rentabilité de l'entreprise sur le court terme.

En revanche, la qualité des brevets mesurée par le nombre moyen de citations ou le nombre de familles européennes dans le top 1 % des brevets les plus cités ne joue pas significativement. Quant au positionnement technologique, la rentabilité de l'entreprise est d'autant plus forte qu'elle dispose d'un grand nombre de technologies considérées comme des niches technologiques quel que soit le mode de calcul de la variable. Cela confirme le rôle stratégique de ces compétences, tant pour la valeur économique actuelle que future des groupes leaders sur le marché de l'armement.

Contrairement à la valeur future, il semblerait qu'il y ait un effet taille négatif pour la valeur actuelle. À court terme, les grandes entreprises ont une plus faible valorisation.

Tableau 10 – résultats économétrique sur la valeur économique actuelle des entreprises (ROA)

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Caractéristiques de l'entreprise					
Actifs de l'entreprise	-0.041 [-0.45]	0.001 [0.01]	-0.216* [-2.66]	-0.192** [-2.85]	-0.192** [-2.85]
R&D/Actifs	0.718*** [4.32]	0.791*** [4.39]	0.537*** [5.26]	0.580*** [5.83]	0.580*** [5.83]
Brevets/R&D	0.431*** [4.09]	0.455*** [4.26]	0.393*** [6.35]	0.372*** [6.35]	0.372*** [6.35]
Citations/Brevets	-0.038 [-0.25]	-0.352 [-0.81]	-0.109 [-0.29]	-0.105 [-0.34]	-0.105 [-0.34]
TOP1%/Brevets		0.347 [1.26]	0.125 [0.64]	0.178 [1.02]	0.178 [1.02]
Diversité sur 5 ans			0.394** [3.27]	0.434** [3.43]	0.434** [3.43]
Diversité sur 5 ans ²			-0.014* [3.27]	-0.015** [3.43]	-0.015** [3.43]

Cohérence			[-2.60]	[-2.99]	[-2.99]
			0.107*	0.089*	0.089*
			[2.53]	[2.42]	[2.42]
Profil technologique					
Ref. # de Background # de Niches				0.190*	
				[2.38]	
# de Cores				0.072	
				[1.09]	
# de Périphériques				0.065	
				[1.31]	
Part des sd en Niche					6.649*
					[2.38]
Part des sd en Core					2.517
					[1.09]
Part des sd en Périph.					2.292
					[1.31]
Contrôles					
Ref. Fourniss. Multipl Fourniss. spé	-0.245	-0.273	-0.000	0.051	0.051
	[-1.02]	[-1.04]	[-0.00]	[0.28]	[0.28]
Intégrateurs compl.	-0.722*	-0.721*	-0.454+	-0.407+	-0.407+
	[-2.22]	[-2.32]	[-1.96]	[-1.97]	[-1.97]
Intégrateurs spé.	0.554	0.572	1.011***	0.941***	0.941***
	[1.43]	[1.33]	[3.74]	[4.15]	[4.15]
Constant	6.901***	7.859***	10.101***	7.068**	7.068**
	[5.70]	[4.91]	[4.52]	[2.79]	[2.79]
Effets fixes Années	Inclus	Inclus	Inclus	Inclus	Inclus
Observations	221	198	198	198	198
R2	0.557	0.575	0.666	0.684	0.684

Le tableau suivant estime l'impact de la stabilité des compétences dans le profil technologique sur la rentabilité de l'entreprise. Le nombre de compétences stables a un impact négatif sur la rentabilité à l'exception des compétences de niche qui ont un impact positif sur la rentabilité de l'entreprise. En revanche, la rentabilité n'est pas affectée par les modifications de profils technologiques.

Tableau 11 – Résultats économétriques pour l'impact de l'évolution des caractéristiques de l'entreprise sur sa valeur économique actuelle

Estimation du Rentabilité des Actifs - ROA			
VARIABLES	(6)	(7)	(8)
Actifs de l'entreprise	-0.201*	-0.204**	-0.207*
	[-2.42]	[-2.81]	[-2.57]

R&D/Actifs	0.560***	0.522***	0.544***
	[5.26]	[5.90]	[5.52]
Brevets/R&D	0.410***	0.356***	0.399***
	[6.49]	[6.09]	[6.18]
Citations/Brevets	-0.146	0.008	-0.119
	[-0.39]	[0.02]	[-0.32]
TOP1%/Brevets	0.155	0.100	0.144
	[0.80]	[0.53]	[0.77]
Diversité sur 5 ans	0.400**	0.384**	0.403**
	[3.35]	[3.32]	[3.16]
Diversité sur 5 ans ²	-0.015*	-0.014*	-0.015*
	[-2.75]	[-2.72]	[-2.53]
Cohérence	0.108*	0.084*	0.103*
	[2.53]	[2.21]	[2.38]
# de profils stables	-0.088**		
	[-2.88]		
# de Niche stables		0.167*	
		[2.31]	
# de Core stables		0.054	
		[0.76]	
# de Core → Background			-0.010
			[-0.06]
# de Peripheral → Niche			0.080
			[0.50]
# de Niche → Core			0.310
			[1.14]
# de Background → Peripheral			0.049
			[0.53]
Ref. Fourniss. Multipl			
Fourniss. spé	0.023	0.072	0.020
	[0.10]	[0.36]	[0.09]
Intégrateurs compl.	-0.471*	-0.431*	-0.445+
	[-2.13]	[-2.17]	[-1.99]
Intégrateurs spé.	1.045***	0.905**	1.014***
	[3.87]	[3.58]	[3.75]
Constant	13.076***	8.807***	9.864***
	[5.15]	[4.10]	[4.33]
Observations	198	198	198
R2	0.671	0.679	0.668

La rentabilité des entreprises est renforcée par l'intensité de R&D et le nombre moyen de famille de brevets ainsi que les citations moyennes reçues par les entreprises concurrentes proches d'un point de vue technologique. Etre dans un secteur intensif en R&D et innovant renforce la valeur économique de l'entreprise. En revanche, la rentabilité économique des actifs est affectée de manière négative par le nombre de familles de brevets les plus cités (Top1%) des concurrents. Ceci implique que les entreprises perdent en rentabilité lorsque

leurs concurrents sont très innovants. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus pour la valeur économique future.

Tableau 12 – Résultats économétriques pour l'impact des concurrents technologiquement proches sur sa valeur économique actuelle

Estimation de la rentabilité des Actifs - ROA			
VARIABLES	(9)	(10)	(11)
Actifs de l'entreprise	-0.276** [-3.43]	-0.302*** [-3.67]	-0.305** [-3.52]
R&D/Actifs	0.630*** [4.24]	0.574*** [3.86]	0.271 [0.31]
Brevets/R&D	0.350*** [5.48]	0.319*** [5.55]	0.320*** [5.52]
Citations/Brevets	-0.200 [-1.45]	-0.252+ [-1.78]	-0.265+ [-1.71]
Diversité sur 5 ans	0.304** [3.35]	0.297** [3.30]	0.307** [3.48]
Diversité sur 5 ans ²	-0.011** [-2.83]	-0.011** [-2.77]	-0.011** [-2.95]
Cohérence	0.068 [1.59]	0.088* [2.07]	0.089* [2.06]
R&D/Actifs des entreprises tech. proche	1.307* [2.19]	1.470+ [2.02]	1.040 [0.79]
Brevets/R&D des entreprises tech. proche	1.956** [2.82]	1.739* [2.42]	1.741* [2.47]
Citations/Brevets des entreprises tech. proche	20.786** [3.14]	4.802+ [1.95]	4.539+ [1.78]
TOP1%/Brevets des entreprises tech. proche	-10.964** [-3.04]		
Interaction R&D/actifs de l'entr. et des entr. Tech proche			-0.131 [-0.37]
Ref. Fourniss. Multipl Fourniss. Spé	0.017 [0.08]	0.104 [0.42]	0.091 [0.37]
Intégrateurs compl.	-0.572* [-2.56]	-0.463+ [-1.96]	-0.471+ [-2.01]
Intégrateurs spé.	1.151*** [4.84]	1.210*** [4.68]	1.211*** [4.69]
Constant	1.391 [0.12]	32.354*** [4.10]	31.068*** [3.97]
Observations	194	194	194
R2	0.658	0.638	0.639
Log Likelihood	-198.9	-204.4	-204.2
LLnull	-303.0	-303.0	-303.0
D.F.	20	19	20

Encadré 2 – Synthèse sur les déterminants de la valeur économique (actuelle) des groupes leaders sur le marché de l'armement

Les déterminants qui influencent la valeur économique actuelle des groupes leaders sur le marché de l'armement sont :

- L'accumulation de la technologie et les investissements en R&D
- La diversité et la cohérence technologiques
- Les compétences de niches

La stabilité du profil technologique dans le temps des groupes leaders sur le marché de l'armement a un impact sur leur valeur économique

- Seule la stabilité des compétences de niches a un impact positif sur la valeur de l'entreprise.

L'impact de l'environnement concurrentiel doit être pris en compte :

- L'intensité technologique des entreprises proches technologiquement a un impact positif sur la valeur économique actuelle de l'entreprise
- En revanche les positions d'excellence technologique (top1%) des firmes technologiquement proche ont un impact négatif.

LES DETERMINANTS DE LA PERFORMANCE A INNOVER DES GROUPES LEADERS SUR LE MARCHE DE L'ARMEMENT

Les enjeux

La performance des entreprises à innover, en particulier à produire des innovations radicales, constitue une question clé dans la littérature économique (Jaffe et Trajtenberg, 2002). Généralement la littérature économique souligne que les attributs des capacités technologiques et organisationnelles des firmes constituent une dimension essentielle pour comprendre la performance à innover. Notre objectif ici est d'analyser comment les capacités technologiques et organisationnelles des firmes leaders sur le marché de l'armement influencent leurs performances à innover. Nous avons fait cette analyse de manière comparative entre les firmes leaders sur le marché de l'armement et en caractérisant leurs capacités technologiques selon 3 perspectives :

- l'accumulation des connaissances et des investissements en R&D qui permet d'approcher les efforts et leur continuité en matière d'innovation.
- la diversité et la cohérence des domaines technologiques couverts par les firmes. La littérature a mis en évidence comment pour les grandes firmes la diversité des compétences technologiques et la cohérence de ces technologies entre elles constituent deux attributs clés de leur performance à innover (Nesta et Saviotti, 2005 ; Leten, Belderbos et van Loy, 2007).
- le profil technologique de chaque entreprise en s'appuyant sur la grille de Patell et Pavitt (1989). Ce profil technologique permet de mettre en évidence que les domaines de compétences couverts ne jouent pas nécessairement le même rôle pour l'entreprise dans sa capacité à innover et à se positionner par rapport à ses concurrents.

Les mesures de la qualité technologique des brevets

La capacité à innover des entreprises est approximée ici à partir de trois indicateurs qui ont été testés dans les sections précédentes de ce rapport :

Comme pour le chapitre sur les déterminants de la qualité technologique des brevets, nous avons retenus les trois indicateurs qui s'appuient sur les citations reçues ou émises par les familles des brevets. Les citations, amont ou aval (selon les indicateurs) sont en effet considérées dans la littérature comme une bonne approximation de la qualité. Plus précisément, nous considérons pour chaque entreprise sur une période de dix années :

- le nombre de breakthrough Patent dans le Top 1 %.
- le nombre des (familles de) brevets les plus généraux dans le top 25 % pour l'indice de généralité.
- le nombre des (familles de) brevets les plus originaux dans le top 25 % pour l'indice d'originalité.

Le Top 1 %

L'indice du top 1% des familles les plus citées mobilise les citations reçues et les sous domaines technologiques des brevets citant, consolidées par famille. Il se calcule pour une année et par sous-domaine technologique. Il permet de déterminer les familles de brevets les plus citées par sous-domaine technologique et par année. On admettra qu'une famille fait partie du top 1%, lorsqu'elle fait partie du top 1% pour au moins un de ses sous-domaines technologiques. Pour les besoins de l'analyse au niveau de l'entreprise, et comme dans la section précédente sur la valeur de l'entreprise, nous avons déterminé le stock des familles appartenant au top 1% des familles les plus citées. Comme pour la section précédente, nous avons calculé un stock de top 1% à partir du nombre de top1 % dans le stock de famille de l'entreprise.

Indice d'originalité

L'indice d'originalité mobilise les citations amont et les sous domaines technologiques brevets qui correspondent à ces citations. Les brevets qui citent des brevets provenant d'une large variété de classes technologiques sont considérés comme plus complexes et originaux ou du moins caractérisés par un degré d'innovation plus important car il serait le signal que l'invention repose sur la combinaison de différentes connaissances technologiques. Cet indicateur revient à prendre en compte les hypothèses généralement posées par la littérature économique qui considèrent que la multidisciplinarité et la combinaison de connaissances technologiques sont des déterminants importants de l'innovation.

Le calcul de l'indicateur est :

$$Originalité = 1 - \sum s_{ij}^2$$

où s_{ij} représente le pourcentage de citations émises par un brevet i appartenant à la classe j , sur l'ensemble des classes de brevets. Plus l'indice est proche de 1, plus le brevet ou l'invention

brevetée est dit original car il a mobilisé comme source potentielle de connaissances des technologies issues de différents domaines technologiques.

Dans notre étude, l'indice d'originalité est calculé au niveau de la famille de brevets. Le calcul prend en compte la variété des sous-domaines liés aux brevets cités. En plus, l'indice est normalisé comme suggéré par Hall, afin de réduire le biais existant dans le cas d'un nombre limité de citations.

Dans cette étude, nous avons retenu le nombre des familles parmi le stock de familles de brevets de l'entreprises qui sont parmi les 25 % les plus originaux, soit le top 25% des familles de brevets les plus originales.

Indice de généralité

L'indice de généralité mobilise les citationsavales et les sous domaines technologiques des brevets qui correspondent à ces citations. La variété des classes technologiques des brevets associées aux citationsavales serait le révélateur de la présence d'une invention plus fondamentale et générique. Plus le brevet est cité par des brevets provenant de secteurs différents, plus il est considéré comme influençant les inventions ultérieures dans une variété de domaines. L'indice de généralité est aussi envisagé comme un proxy permettant d'apprécier le potentiel d'un brevet pour faire l'objet d'accords de licences. Plus la généralité du brevet est importante, plus le brevet peut intéresser des entreprises intervenant dans une variété de secteurs.

Le calcul de l'indicateur est :

$$\text{Généralité} = 1 - \sum s_{ij}^2$$

Où s_{ij} représente le pourcentage de citations reçues par un brevet i appartenant à la classe j , sur l'ensemble des classes de brevets. Comme l'indice d'originalité, l'indice de généralité est normalisé en fonction de nombre de citations reçues. Plus l'indice est proche de 1, plus le brevet ou l'invention brevetée est dit général ou fondamental et intéresse potentiellement plusieurs secteurs technologiques.

Certains auteurs suggèrent que les brevets disposant à la fois d'indices d'originalité et de généralité élevés correspondraient à des brevets porteurs potentiellement d'innovation radicale. D'autres auteurs suggèrent que ces mesures (indices d'originalité et de généralité)

révèlent le caractère très spécifique et appliqué d'une invention ou au contraire l'existence d'une technologie de base fondamentale dans un domaine technologique.

Dans cette section, nous allons donc expliquer le nombre de familles de l'entreprise qui correspondent au top 1% des brevets les plus cités, au top 25 % des brevets les plus généraux et les plus originaux. Pour ce qui est de la méthode d'estimation, nous estimons la qualité technologique à partir d'un modèle de Poisson étant donné que les trois indicateurs sont des variables de comptages. Les tests montrent que la méthode d'estimation par la négative binomiale est plus appropriée que le modèle de Poisson qui fait l'hypothèse que la dispersion et la moyenne sont identiques. Or, la dispersion est plus grande dans notre cas comme le montre le test lnAlpha des régressions. Des effets fixes entreprises et années sont introduits.

La spécification des modèles d'estimation est quelque peu différente de celle appliquée à la valeur économique pour se rapprocher des modèles estimés dans le premier chapitre de ce rapport. Le nombre de brevets dans le top 1%, dans le top 25% des brevets originaux ou généraux sont expliqués ici par le stock des familles appartenant à l'entreprise (Nombre de familles), le stock de R&D de l'entreprise, la diversité et la cohérence, et nous contrôlons à nouveau la taille de l'entreprise par le stock des actifs. Ensuite comme précédemment, nous considérons successivement l'influence du profil technologique ainsi que les changements du profil technologique.

Les résultats obtenus sur les déterminants des breakthrough Patent (top 1 %)

Les entreprises qui ont le plus grand nombre de brevets européens dans le top 1% sont celles qui logiquement investissent le plus dans la R&D et ont le plus grand nombre de familles de brevets. Le processus d'accumulation des connaissances et de la R&D a un impact important pour développer les breakthrough patent en particulier dans des secteurs comme l'aéronautique et la Défense où l'accumulation des connaissances et de l'expérience en raison des problèmes complexes à résoudre est centrale. Si la diversité technologique du portefeuille semble plutôt avoir un impact négatif, la cohérence semble en revanche avoir un impact positif. Celle-ci apparaît donc ici comme un attribut des capacités technologiques clés des entreprises pour être capables d'innover.

Concernant le profil technologique, plus les entreprises ont des technologies dans les compétences de Niches ou Périphériques et plus elles ont de brevets dans le top 1%. Cela confirme le rôle stratégique des compétences de niches en particulier. Les core competences ne semblent pas, comme pour la valeur économique de l'entreprise, jouer un rôle clé. Il serait sans doute nécessaire d'investiguer ce point dans de futures recherches pour mieux comprendre pourquoi les core competences ne sont pas la source d'innovation radicale alors qu'elles constituent un actif technologique différenciant puisqu'il s'agit de domaines technologiques où l'entreprise est plus spécialisée que ses concurrents.

Tableau 13 – Résultats économétriques sur l'impact des caractéristiques de l'entreprise sur les top 1 %

VARIABLES	Nombre de Top 1%				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Actifs de l'entreprise	-0.106 [-1.46]	-0.058 [-1.14]	-0.094 [-1.39]	-0.021 [-0.50]	-0.051 [-0.93]
R&D (stock)	0.208** [2.97]	0.214*** [3.42]	0.164* [2.44]	0.234*** [3.60]	0.239** [3.16]
Nombre de familles	1.319*** [7.50]	1.275*** [8.76]	0.413 [1.03]	1.133*** [8.31]	0.097 [0.26]
Diversité sur 5 ans		-0.052* [-2.51]	0.107+ [1.68]	0.098 [1.52]	0.115+ [1.89]
Diversité sur 5 ans ²			-0.006** [-3.03]	-0.005* [-2.15]	-0.006** [-2.77]
Cohérence		0.163** [3.14]	0.155** [2.98]	0.116* [2.22]	0.108* [2.39]
# de Niches				0.097*** [3.43]	0.123*** [4.52]
# de Cores				0.044 [1.34]	0.022 [0.70]
# de Périphériques				0.074*** [3.70]	0.086*** [4.44]
# top 25% Généralité			0.115 [0.69]		-0.056 [-0.37]
# top 25% Originalité			0.685* [2.52]		1.015*** [3.69]
Effets fixes Entreprises	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Effets fixes Années	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Constant	-6.563*** [-4.94]	-1.378 [-0.74]	0.135 [0.05]	-5.860** [-2.77]	-4.884* [-2.24]
lnAlpha	-36.156	-47.347	-25.175	-18.535***	-23.859
Observations	235	235	235	235	235
Log Likelihood	-475.9	-471.4	-467.7	-465.6	-462.3
LLnull	-905.8	-905.8	-905.8	-905.8	-905.8
D.F.	42	44	47	48	50

L'originalité des brevets a un impact positif sur le développement de brevets du top 1% mais pas la généralité. L'une des interprétations possibles pourrait être sectorielle : les entreprises Défense et aéronautique sont multi technologiques : elles intègrent et font appel à une grande variété de connaissances. Elles ont des pratiques qui les conduisent à aller chercher l'état de l'art technologique dans une variété de domaines, ce qui expliquerait un indice d'originalité élevé. En revanche les technologies brevetées par ces entreprises sont orientées sur des applicatifs Défense et aéronautique et intéressent peu les autres secteurs technologiques (généralité faible).

Le tableau suivant rend compte de l'impact de la stabilité et des modifications de profils technologiques. La stabilité des profils n'a pas d'impact significatif sur la qualité du portefeuille. En revanche, lorsque les familles passent de Core à Background, les brevets ont une plus forte propension à passer dans le groupe des brevets les plus cités. Curieux ?

Tableau 14 Résultats économétriques de la stabilité des caractéristiques des firmes sur les TOP 1%

VARIABLES	Nombre de Top 1%			
	(6)	(7)	(8)	(9)
Actifs de l'entreprise	-0.053 [-1.08]	-0.071 [-1.26]	-0.056 [-1.13]	-0.046 [-0.94]
R&D (stock)	0.160** [3.17]	0.151** [2.97]	0.201*** [3.45]	0.209** [2.84]
Nombre de familles	1.201*** [9.80]	0.742* [2.38]	1.202*** [8.63]	1.261*** [8.93]
Diversité sur 5 ans	0.124* [2.17]	0.124* [2.14]	0.097 [1.50]	-0.048* [-2.25]
Diversité sur 5 ans ²	-0.006** [-2.83]	-0.006** [-2.95]	-0.005** [-2.78]	
Cohérence	0.122* [2.39]	0.123* [2.55]	0.156** [2.82]	0.160** [3.10]
# top 25% Originalité		0.454+ [1.78]		
# de Core → Background	0.253*** [3.91]	0.237*** [3.61]		
# de Peripheral → Niche	-0.060 [-1.53]	-0.055 [-1.36]		
# de Niche → Core	-0.236* [-2.23]	-0.234* [-2.33]		
# de Background → Peripheral	-0.013 [-0.52]	-0.016 [-0.65]		
# de profils stables			0.003 [0.16]	
# de Niche stables				0.028 [1.24]
# de Core stables				0.001

	Oui	Oui	Oui	[0.05] Oui
Effets fixes Entreprises				
Effets fixes Années				
Constant	-3.019	-2.080	-2.024	-1.598
	[-1.53]	[-1.04]	[-0.97]	[-0.85]
lnAlpha	-21.564	-17.749***	-17.740***	-21.493
Observations	235	235	235	235
Log Likelihood	-462.7	-461.9	-469.6	-470.9
LLnull	-905.8	-905.8	-905.8	-905.8
D.F.	49	50	46	46

Les résultats obtenus sur les brevets les plus généraux (top 25 %)

L'accumulation des connaissances (stock de R&D et nombre de familles) a un impact positif sur le potentiel multi-application des technologies produites par une entreprise leader sur le marché de l'armement.

Les brevets les plus généraux sont ceux qui se situent dans les compétences de niche et dans une moindre mesure dans les compétences périphériques. En revanche, la stabilité ou au contraire l'évolution des profils technologiques n'ont pas d'impact sur les brevets les plus généraux. Au regard des résultats obtenus, les compétences niches représentent finalement des compétences particulièrement stratégiques pour la capacité à innover de l'entreprise (top 1 % et généralité).

Tableau 15 – Résultats économétriques sur l'impact des caractéristiques des entreprises sur les brevets les plus généraux

VARIABLES	Le top 25% des brevets à forte généralité					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Actifs de l'entreprise	0.032	0.050	0.071+	0.053	0.049	0.055
	[1.10]	[1.43]	[1.84]	[1.55]	[1.42]	[1.55]
R&D (stock)	0.138***	0.129***	0.147***	0.158***	0.132***	0.133***
	[4.46]	[3.83]	[4.63]	[4.67]	[3.95]	[3.76]
Nombre de familles	0.824***	0.807***	0.788***	0.809***	0.810***	0.790***
	[10.76]	[10.59]	[11.30]	[10.89]	[10.51]	[10.31]
Diversité sur 5 ans		-0.024**	-0.019*	-0.028**	-0.026**	-0.024**
		[-2.76]	[-2.10]	[-2.78]	[-2.99]	[-2.75]
Cohérence		0.011	0.000	0.007	0.013	0.010
		[0.33]	[0.01]	[0.24]	[0.41]	[0.30]
# de Niches			0.050***			
			[3.92]			
# de Cores			0.006			
			[0.33]			
# de Périphériques			0.019+			
			[1.82]			
# de Core → Background				-0.021		
				[-0.46]		

# de Peripheral → Niche				0.039*		
				[2.21]		
# de Niche → Core				0.017		
				[0.32]		
# de Background → Peripher.				-0.017		
				[-1.16]		
# de profils stables					-0.009	
					[-1.07]	
# de Niche stables						0.013
						[1.13]
# de Core stables						-0.014
						[-0.61]
Constant	-7.151***	-6.730***	-8.040***	-7.151***	-6.390***	-6.802***
	[-6.29]	[-4.21]	[-5.12]	[-4.60]	[-3.94]	[-4.29]
Lalpha	-7.618***	-8.064***	-18.229**	-8.924**	-8.392***	-8.431***
	[-10.51]	[-8.05]	[-3.01]	[-3.13]	[-5.70]	[-5.83]
Observations	235	235	235	235	235	235
Log Likelihood	-755.9	-752.5	-745.9	-748.6	-752.0	-751.4
LLnull	-1353	-1353	-1353	-1353	-1353	-1353
D.F.	41	43	46	48	45	46

Les résultats obtenus sur les brevets les plus originaux (top 25%)

Contrairement aux résultats obtenus pour les Top 1 % et les brevets les plus généraux, les brevets les plus originaux ne dépendent que partiellement de l'accumulation des connaissances : le stock de R&D n'a pas d'effet sur l'originalité des inventions brevetées. L'effort de R&D n'influencerait pas le niveau d'originalité. En revanche, le stock de connaissances, via les familles, accroît le nombre de brevets originaux.

Sans surprise, la diversité technologique a un impact positif sur les brevets originaux alors que les compétences du profil technologique n'en ont pas. Ce résultat peut paraître surprenant au regard des caractéristiques étudiées par Patel & Pavitt (1989) qui voient dans les compétences périphériques en particulier un enjeu clé pour rechercher des opportunités technologiques nouvelles et donc explorer une variété potentielle de champs technologiques. Autre élément surprenant, le passage d'une compétence core à background a un impact positif sur l'originalité des brevets. Un tel résultat montre bien que la composition du profil technologique a un impact sur les performances technologiques des entreprises même si des explorations supplémentaires sont nécessaires pour mieux en comprendre les raisons.

Tableau 16 – Résultats économétriques sur l'impact des caractéristiques des entreprises sur les brevets les plus originaux

VARIABLES	Le top 25% des brevets à forte originalité					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)

Actifs de l'entreprise	0.042	0.033	0.031	0.039	0.033	0.033
	[1.55]	[1.45]	[1.28]	[1.59]	[1.46]	[1.43]
R&D (stock)	0.012	0.026	0.023	0.025	0.027	0.026
	[0.73]	[1.50]	[1.36]	[1.40]	[1.58]	[1.50]
Nombre de familles	1.016***	1.022***	1.036***	1.030***	1.026***	1.025***
	[27.33]	[27.58]	[27.76]	[29.81]	[29.48]	[25.46]
Diversite sur 5 ans		0.020***	0.016**	0.022***	0.020***	0.020***
		[3.91]	[3.16]	[4.40]	[3.78]	[3.85]
Cohérence		0.014	0.018	0.013	0.015	0.015
		[0.99]	[1.26]	[0.98]	[1.05]	[1.04]
# de Niches			-0.019+			
			[-1.86]			
# de Cores			0.014			
			[1.34]			
# de Periphériques			-0.012+			
			[-1.84]			
# de Core → Background				0.032*		
				[2.14]		
# de Peripheral → Niche				-0.004		
				[-0.34]		
# de Niche → Core				0.022		
				[0.43]		
# de Background → Peripheral				0.001		
				[0.17]		
# de profils stables					-0.007	
					[-1.48]	
# de Niche stables						-0.003
						[-0.41]
# de Core stables						0.004
						[0.29]
Effets fixes entreprises	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Effets fixes années	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Constant	-1.925***	-1.622**	-1.156	-1.791**	-1.385*	-1.601*
	[-4.46]	[-2.72]	[-1.62]	[-3.10]	[-2.13]	[-2.55]
lnAlpha	-6.893***	-7.158***	-7.521***	-7.267***	-7.150***	-7.200***
	[-25.56]	[-21.78]	[-13.47]	[-20.17]	[-22.54]	[-18.62]
Observations	235	235	235	235	235	235
Log Likelihood	-1043	-1036	-1032	-1033	-1035	-1035
LLnull	-1782	-1782	-1782	-1782	-1782	-1782
D.F.	41	43	46	47	44	45

Encadré 3 – Synthèse des résultats sur les déterminants de la performance à innover des leaders sur le marché de l'armement

Les déterminants des *breakthrough* patent

- L'accumulation des connaissances
- La cohérence technologique
- Les compétences niches et périphériques

Les déterminants des brevets les plus généraux

- l'accumulation des connaissances
- les niches compétences

Les déterminants des brevets les plus originaux

- L'accumulation des connaissances
- La diversité technologique
- Le passage des compétences de core à background

CONCLUSION

Cette analyse permet de mettre en évidence l'importance d'une approche multidimensionnelle afin d'aborder les déterminants de la valeur économique de l'entreprise et de sa capacité à innover.

Pour les groupes leaders sur le marché mondial de l'armement, cette analyse permet de mettre en évidence que plusieurs éléments doivent être pris en compte. Sans surprise, dans des domaines d'activités associés à des programmes technologiquement complexes, le processus d'accumulation des connaissances a un impact à la fois sur la valeur économique (actuelle et future) des entreprises et sur leur capacité à produire des inventions radicales. Mais cette étude met aussi en évidence trois autres dimensions clés.

Deux d'entre elles concernent les caractéristiques des firmes concernant l'organisation du portefeuille de compétences et les profils technologiques. D'une part, la diversité et la cohérence technologiques constituent des attributs clé des entreprises même si ces caractéristiques jouent de manière non homogène sur la valeur économique et sur la capacité à innover. La cohérence et la diversité ont un impact sur la rentabilité de l'entreprise mais la combinaison des deux ne semble pas déterminante pour anticiper sa valeur future ou sa capacité à innover. En revanche, prises séparément, la diversité et la cohérence ont un impact

sur la qualité technologique des brevets. D'autre part, certaines compétences dans le profil technologique des entreprises jouent un rôle particulièrement crucial à la fois sur la rentabilité de l'entreprise et sa capacité à innover : il s'agit des compétences de niches technologiques, c'est-à-dire des domaines technologiques dans lesquels l'entreprise est plus spécialisée que ses concurrents même s'ils ne représentent qu'une part relativement faible dans l'ensemble du portefeuille de brevets. Ces compétences apparaissent donc stratégiques pour l'entreprise.

Enfin, l'une des dimensions analysées porte sur l'environnement concurrentiel et contribue à affiner les déterminants de la valeur économique de l'entreprise. Il s'agit d'une dimension qui doit être prise en compte à deux niveaux. Si le fait de se situer dans un environnement concurrentiel intensif en R&D et dynamique en matière d'innovation a un impact positif sur la valeur économique (actuelle et future) de l'entreprise, l'existence de concurrents disposant de capacités d'excellence technologique a un impact négatif. Les indicateurs fondés sur les citations (en particulier nombre de citations et top 1 %) constituent donc des indicateurs clés de mesures de l'innovativité de l'entreprise mais aussi de l'analyse de son environnement concurrentiel immédiat.

Plus généralement ces analyses montrent l'impact diversifié des indicateurs de qualité technologique des brevets selon le type de performances analysées. Si la qualité semble jouer un rôle important pour la valeur économique future, soulignant l'importance de prendre en compte les actifs intangibles, elle ne semble pas être prise en compte dans la valeur actuelle. Est-ce un signe de la myopie des marchés à court terme ?

Tableau 17 – Tableau récapitulatif des déterminants de la valeur économique et de la capacité à innover des groupes leaders sur le marché mondial de l'armement

Variables testées	Valeur Economique de l'entreprise		Performance à innover de l'entreprise		
	Valeur actuelle ROA	Valeur future - Q de Tobin	Breakthrough Patent Top 1 %	Brevets généraux Top 25 % de l'indice de généralité	Brevets originaux Top 25 % de l'indice d'originalité
Stock R&D	++	++	++	++	
Top 1 %		++	Non testé	Non testé	Non testé
Diversité		+			+
Cohérence				+	
Diversité/cohérence	++				
Core competences					
Competences de Niches	++	++	+	+	
Competences périphériques			+		
Evolution du profil technologique	+	+			+
Stabilité des compétences de Niches	+	+			
Intensité technologiques des firmes technologiquement proches	+	+	ns	ns	ns
Excellence technologique des firmes technologiquement	-	-			

Variables testées	Valeur Economique de l'entreprise		Performance à innover de l'entreprise		
	Valeur actuelle ROA	Valeur future - Q de Tobin	Breakthrough Patent Top 1 %	Brevets généraux Top 25 % de l'indice de généralité	Brevets originaux Top 25 % de l'indice d'originalité
proches					

LES RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES DU CHAPITRE

Belderbos R., Cassiman B., Faems D., Leten B., Van Looy B. (2014), Co-ownership of intellectual property: Exploring the value-appropriation and value-creation implications of co-patenting with different partners, *Research Policy*, 43(5), 841-852

Frietsch R., Schmoch U., van Looy B., Walsh J.P., Devroede R., Du Plessis M., Jung T., Meng Y., Neuhäusler P., Peeters B., Schubert T. (2010), The value and Indicator Function of Patents, *Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 15-2010 Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research*

Hall, B.H., 2007. Measuring the Returns to R&D: The Depreciation Problem. NBER Working Paper Series, Working Paper No. 13473.

Hall, B.H., Jaffe, A., Trajtenberg, M., 2005. Market value and patent citations. *RAND Journal of Economics* 36 (1), 16–38.

Hall, B.H., Oriani, R., 2006. Does the market value R&D investment by European firms? Evidence from a panel of manufacturing firms in France, Germany, and Italy. *International Journal of Industrial Organization* 24 (5), 971–993.

Hall, B.H., Thoma, G., Torrisi, S., 2007. The Market Value of Patents and R&D: Evidence from European Firms. NBER Working Paper Series, Working Paper No. 13426. Hall, B.,

Jaffe A., Trajtenberg M. (2002), *Patents, Citations, and Innovations: A Window on the knowledge Economy*, The MIT Press

Leten B., Belderbos R. and van Loy B. (2007), Technological diversification, coherence and performance of firms, *Journal of product innovation management*, McGahan A.M.,

Silverman B.S.(2006), Profiting from technological innovation by others: The effect of competitor patenting on firm value, *Research Policy*, 35(8) 1222-1242

Nesta L, Saviotti P.P. (2005), Coherence of the knowledge base and the firm's innovative performance: evidence from the U.S. pharmaceutical industry, *The Journal of Industrial Economics*, Vol. LIII, 123-142















Patel P., Pavitt K. (1997), The technological competencies of the worlds' largest firms: complex and path-dependent, but not much variety, *Research Policy*, 26, 141-156

Thoma, G., Torrisi, S., 2009. Financial patenting in Europe. *European Management Review* 6 (1), 45–63.

Sandner P.G., Block J. (2011), The market value of R&D, patents, and trademarks, *Research Policy*, 40(7), 969-985































ANNEXES

ANNEXE 1 – LISTE DES ENTREPRISES LIEES A LA DEFENSE DU CLASSEMENT SIPRI 2010 ET FIRMES SELECTIONNEES POUR CE RAPPORT

Rang SIPRI		FIRMES	PAYS
2010	2009		
1	1	Lockheed Martin	
2	2	BAE Systems	
3	3	Boeing	
4	4	Northrop Grumman	
5	5	General Dynamics	
6	6	Raytheon	
7	7	EADS	
8	8	Finmeccanica	
9	9	L-3 Communications	
10	10	United Technologies	
11	11	Thales	
12	12	SAIC	
13	27	Oshkosh Truck	
14	13	Computer Sciences Corp.	
15	14	Honeywell	
16	16	Safran	
S	S	Sikorsky (United Technologies)	
17	19	Rolls-Royce	
18	18	General Electric	

S	S	Pratt & Whitney (United Technologies)	
19	17	ITT Corp.	
20	22	Almaz-Antei[a]	
S	S	MBDA (BAE Systems, UK/EADS, trans-European/Finmeccanica, Italy)	
21	28	United Aircraft Corp.[a]	
22	21	DCNS	
23	15	KBR[b]	
24	26	URS Corp.	
25	24	Mitsubishi Heavy Industries[c]	
S	S	Eurocopter Group (EADS, trans-European)	
S	S	AgustaWestland (Finmeccanica)	
26	23	Alliant Techsystems	
27	33	Rockwell Collins	
28	31	Saab	
29	42	Babcock International Group	
30	34	Textron	
31	32	Rheinmetall	
32	51	Hewlett-Packard	
33	47	ManTech International Corp.	
34	38	Hindustan Aeronautics	
35	29	Elbit Systems	
S	S	EADS Astrium (EADS, trans-European)	
36	25	Navistar	
37	41	Israel Aerospace Industries	
38	30	DynCorp International (Cerberus Capital)[d]	
39	40	CACI International	
40	36	Cobham	
41	44	Goodrich	
42	37	CEA	
S	S	MBDA France (MBDA, trans-European)	
43	48	Harris	
44	39	Serco	
45	45	Navantia	
46	55	Indian Ordnance Factories[e]	
S	S	Alenia Aeronautica (Finmeccanica)	
47	73	Vertolety Rossii (OPK Oboronoprom)[a]	

48	20	AM General[f]	
49	53	ST Engineering (Temasek)	
50	49	QinetiQ	
51	–	United Shipbuilding Corp.[a]	
52	50	Krauss-Maffei Wegmann[g]	
53	62	Kongsberg Gruppen	
54	53	Rafael	
55	57	Nexter	
S	S	BAE Systems Australia (BAE Systems, UK)	
S	S	Sukhoi (United Aircraft Corp.)[a]	
56	44	ThyssenKrupp	
S	S	Irkut Corp. (United Aircraft Corp.)[a]	
57	–	IHI Group[c]	
58	36	Agility	
59	89	Fluor[h]	
60	59	Samsung	
61	55	Groupe Dassault	
62	91	United Engine Corp.[a]	
S	–	Sevmash (United Shipbuilding Corp.)[a]	
63	64	Diehl	
64	46	Mitsubishi Electric[c]	
65	–	Triumph Group	
S	S	Thales Nederland (Thales, France)	
66	60	GKN	
S	S	Samsung Techwin (Samsung)	
67	69	Jacobs Engineering Group[i]	
68	59	Kawasaki Heavy Industries[c]	
69	68	TRV Corp.[a]	
70	77	NEC[c]	
71	67	Bharat Electronics	
72	66	Moog	
73	71	Fincantieri	
S	S	IHI Marine United (IHI Group)[c]	
74	80	Chemring Group	
75	74	Ultra Electronics	

76	87	CAE	
77	84	RUAG	
S	S	Selex Galileo (Finmeccanica)	
78	61	Shaw Group[j]	
79	81	LIG Nex1	
80	70	Precision Castparts Corp.	
81	86	Cubic Corp.	
82	75	Meggitt	
83	–	Hawker Beechcraft	
84	65	Indra	
85	79	Curtiss-Wright Corp.	
86	83	Alion Science and Technology	
87	95	Aselsan	
S	S	Selex Communications (Finmeccanica)	
88	90	Mitre[k]	
89	76	Uralvagonzavod[a]	
90	78	SRA International	
91	98	Esterline Technologies	
92	–	MMPP Salyut[a]	
S	S	Thales Australia (Thales, France)	
93	72	VSE Corp.	
94	–	Embraer	
95	85	Teledyne Technologies	
96	93	Patria	
97	64	Force Protection	
98	99	AAR Corp.	
99	100	GenCorp	
S	S	MBDA Italia (MBDA, trans-European)	
100	82	MTU Aero Engines	
S	S	Raytheon Australia (Raytheon, USA)	

ANNEXE 2 : STATISTIQUES ET CORRELATIONS SUR LES PERFORMANCES TECHNOLOGIQUES ET ECONOMIQUE DES GROUPES LEADERS DE L'ARMEMENT

Nous disposons d'un panel non cylindré comprenant 36 entreprises sur une période 6 années en moyenne (et 8 années au mieux) sur la période 2003 à 2010. Toutefois, du fait d'observations manquantes notamment pour les variables financières, l'échantillon se réduit à un groupe de 30 entreprises utilisées pour les régressions.

Variables	Observ.	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
ROA	198	68.87785	456.6082	.1483289	4512.987
Tobin Q	190	.9572479	.5292325	.0455881	3.577362
Actifs (en K Euros)	198	3.98e+07	1.06e+08	3080.00	5.73e+08
Diversité	198	9.62	3.53	2.92	20.09
Cohérence	198	-29.94	2.85	-37.66	-25.53
Stock de R&D (K Euros)	198	3.56e+06	4.55e+06	8520.00	1.62e+07
Stock de R&D des concurrents (K Euros)	172	5.18e+07	1.29e+07	2.06e+07	7.59e+07
Actifs des concurrents	172	5.26e+08	1.24e+08	1.62e+08	7.72e+08
Stock de familles de brevets	198	2312.87	3735.59	72.25	16301.30
Stock de citations	198	484.18	861.97	4.25	4310.25
Stock de Top1%	198	23.38	43.43	1.00	207.00
Stock de familles des concurrents	172	30226.87	7786.20	12471.62	46831.83
Stock des citations des concurrents	172	7105.02	1612.82	2792.48	10504.10
Stock des Top1% des concurrents	172	301.70	72.40	113.20	450.56
# familles dans le top25 généralité	198	149.82	241.34	0.00	1031.00
# familles dans le top25 originalité	198	873.74	1363.57	26.00	5913.00
# de domaines en Niche	198	0.98	1.10	0.00	6.00
# domaines en Core	198	3.17	1.41	0.00	7.00
# domaines en Périphérie	198	24.80	2.82	15.00	31.00
# de Niche stables	198	0.81	1.00	0.00	5.00
# de Core stables	198	3.03	1.34	0.00	7.00
# de Core → Background	198	0.11	0.32	0.00	2.00
# de Peripheral → Niche	198	0.14	0.39	0.00	2.00
# de Niche → Core	198	0.03	0.16	0.00	1.00
# de Background → Peripheral	198	0.29	0.57	0.00	3.00
# de Niche → Core	198	0.03	0.16	0.00	1.00
# de Background → Peripheral	198	0.29	0.57	0.00	3.00

Tableau de corrélation - * significatif à 5 %

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1 Tobin Q	1.0000														
2 ROA	0.65*	1.0000													
3 Actifs (en K Euros)	-0.3009*	-0.5584*	1.0000												
4 R&D/Actifs	-0.1431*	0.6572*	-0.5578*	1.0000											
5 Brevets/R&D	0.2501*	0.3760*	-0.5336*	0.3070*	1.0000										
6 Citations/Brevets	-0.1142	0.0388	-0.0167	0.1830*	0.2110*	1.0000									
7 TOP1%/Brevets	0.1962*	0.2603*	-0.2578*	0.2641*	0.3475*	0.6053*	1.0000								
8 Diversité	0.0738	0.1535*	0.2562*	0.1035	-0.1032	0.1113	-0.0427	1.0000							
9 Cohérence	-0.3048*	-0.0819	0.4228*	0.0352	-0.2044*	0.3969*	0.0466	0.1532*	1.0000						
10 R&D/Actifs des autres	0.0281	0.0116	0.1118	0.0129	0.0547	-0.3869*	-0.1514*	0.1692*	-0.3902*	1.0000					
11 Brevets/R&D des autres	0.0181	0.1472*	0.0921	0.0900	0.0911	0.1077	0.1451*	0.2752*	0.0676	-0.0307	1.0000				
12 Citations/Brevets des autres	0.1558*	-0.0517	0.0525	-0.0728	0.0093	0.4133*	0.0068	0.0187	0.3382*	-0.6163*	-0.0924	1.0000			
13 TOP1%/Brevets des autres	-0.0125	-0.0178	0.0009	-0.0611	-0.1354*	0.1996*	0.1815*	-0.1220	0.3462*	-0.6508*	0.0134	0.3216*	1.0000		
14 Part des sd en Niche	0.1489*	0.2557*	-0.0466	0.1554*	0.1056	-0.0411	-0.1330*	0.1935*	0.0708	0.0584	0.0081	-0.0188	0.0117		
15 Part des sd en Core	0.3190*	0.0817	-0.0612	-0.1202	0.0199	0.0101	0.3535*	-0.1488*	-0.1280*	-0.1135	-0.0860	0.0186	0.1072		
16 Part des sd en Périph.	-0.0277	-0.2099*	-0.1584*	-0.2040*	0.1110	-0.0556	0.0475	-0.8036*	-0.1803*	-0.0461	-0.2630*	-0.0553	0.0532		
17 # de Niches	0.1489*	0.2557*	-0.0466	0.1554*	0.1056	-0.0411	-0.1330*	0.1935*	0.0708	0.0584	0.0081	-0.0188	0.0117		
18 # de Cores	0.3190*	0.0817	-0.0612	-0.1202	0.0199	0.0101	0.3535*	-0.1488*	-0.1280*	-0.1135	-0.0860	0.0186	0.1072		
19 # de Périphériques	-0.0277	-0.2099*	-0.1584*	-0.2040*	0.1110	-0.0556	0.0475	-0.8036*	-0.1803*	-0.0461	-0.2630*	-0.0553	0.0532		
20 # de Niche stables	0.1336	0.3035*	-0.0944	0.1913*	0.1360*	-0.0704	-0.1022	0.2077*	0.0332	0.0591	0.0359	-0.0643	0.0012		
21 # de Core stables	0.3300*	0.0727	-0.0377	-0.1378*	0.0060	0.0206	0.3691*	-0.1592*	-0.0999	-0.1165	-0.0668	0.0064	0.1413*		
22 # de Core → Background	-0.1205	-0.0172	-0.0634	0.0682	-0.0248	-0.0478	0.0897	-0.0696	-0.0499	-0.0383	-0.0079	0.0406	-0.0704		
23 # de Peripheral → Niche	0.0675	-0.0319	0.0710	-0.0475	-0.0331	0.0344	-0.0929	0.0275	0.1084	0.0285	-0.0419	0.0553	0.0293		
24 # de Niche → Core	0.0005	0.1184	-0.1415*	0.1975*	0.0276	-0.0221	-0.0253	-0.0250	-0.0057	-0.0333	-0.0100	0.0137	-0.0477		
25 # de Background → Peripheral	0.0198	-0.0137	-0.0402	0.0253	-0.0618	0.0840	-0.0308	0.1178*	0.0000	0.0067	-0.0909	0.1249*	-0.0290		
26 Citation Top 1%	0.0907	-0.0371	0.5265*	-0.0259	-0.0323	0.1942*	0.2446*	0.2541*	0.3508*	0.2069*	0.1460*	-0.0291	-0.0715		
27 Généralité Top25	0.0702	-0.0386	0.5262*	-0.0226	-0.0596	0.2108*	0.1661*	0.3255*	0.4080*	0.1343*	0.1515*	0.0421	-0.0423		
28 Originalité top 25	-0.1022	0.0065	0.5598*	0.0141	-0.0679	0.1515*	0.0196	0.4262*	0.5313*	0.0790	0.3675*	-0.0559	0.0499		
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
14 share_niche		1.0000													
15 share_core		-0.3287*	1.0000												
16 share_Periph		-0.4523*	0.1384*	1.0000											
17 # de Niches		1.0000*	-0.3287*	-0.4523*	1.0000										
18 # de Cores		-0.3287*	1.0000*	0.1384*	-0.3287*	1.0000									
19 # de Périphériques		-0.4523*	0.1384*	1.0000*	-0.4523*	0.1384*	1.0000								
20 # de Niche stables		0.9243*	-0.3172*	-0.4556*	0.9243*	-0.3172*	-0.4556*	1.0000							
21 # de Core stables		-0.3327*	0.9560*	0.1489*	-0.3327*	0.9560*	0.1489*	-0.3160*	1.0000						
22 # de Core → Background		-0.0252	-0.0732	-0.0126	-0.0252	-0.0732	-0.0126	-0.0495	-0.1098	1.0000					
23 # de Peripheral → Niche		0.4044*	-0.1218*	-0.1290*	0.4044*	-0.1218*	-0.1290*	0.0749	-0.1183*	0.0479	1.0000				
24 # de Niche → Core		0.0694	0.0886	-0.0361	0.0694	0.0886	-0.0361	0.0850	-0.0147	0.1654*	-0.0053	1.0000			
25 # de Background → Peripheral		0.0136	-0.1139	-0.0018	0.0136	-0.1139	-0.0018	0.0031	-0.1392*	-0.0951	0.0045	-0.0595	1.0000		
26 Citation Top 1%		-0.0326	0.0307	-0.0915	-0.0326	0.0307	-0.0915	-0.0561	0.0770	-0.0761	0.0488	-0.0710	-0.0211	1.0000	
27 Généralité Top25		-0.0205	-0.0242	-0.1866*	-0.0205	-0.0242	-0.1866*	-0.0408	0.0247	-0.0933	0.0517	-0.0816	0.0037	0.9569*	1.0000
28 Originalité top 25		0.0210	-0.1475*	-0.3742*	0.0210	-0.1475*	-0.3742*	0.0348	-0.0810	-0.1520*	0.0269	-0.1382*	-0.0684	0.6705*	0.7314*

ANNEXE 3 : ZOOM SUR LES FIRMES LEADERS SUR LE MARCHÉ DE L'ARMEMENT

Les analyses menées dans ce rapport ont conduit à mettre en perspective la pertinence de certains indicateurs pour mieux caractériser et positionner d'un point de vue technologique les firmes leaders sur le marché de l'armement. Il s'agit

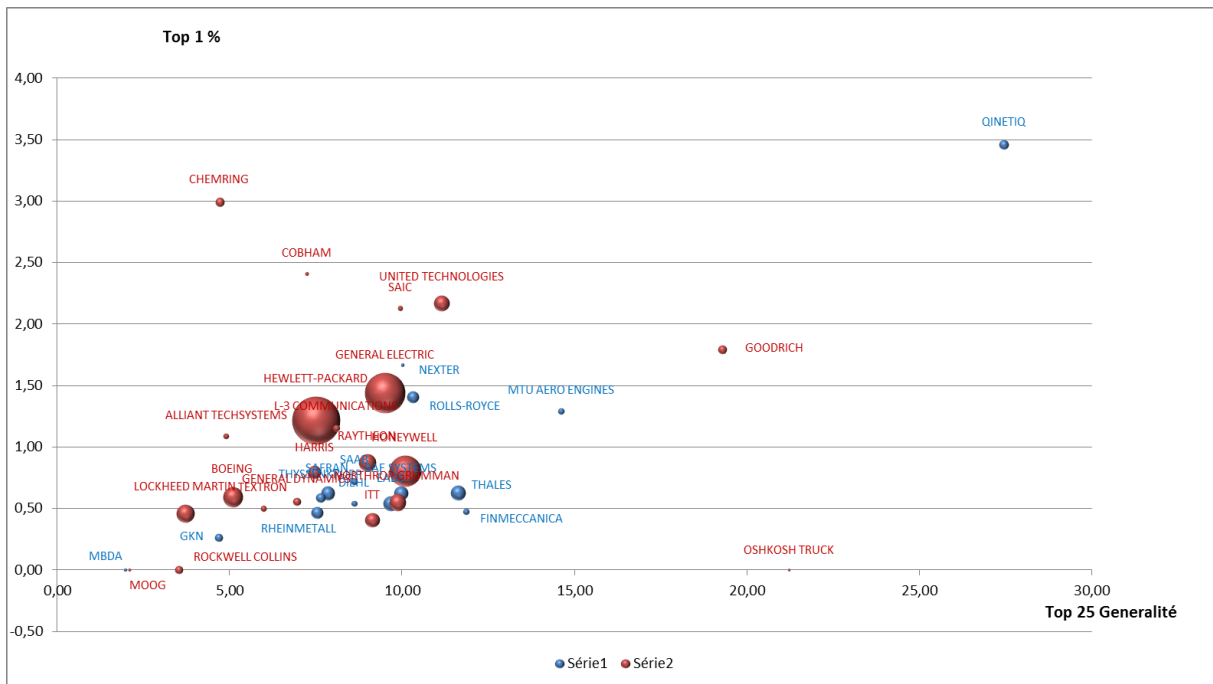
- du top 1 % et de l'indice de généralité pour mesurer la qualité technologique;
- des compétences de niches technologiques qui constituent des compétences stratégiques de l'entreprise au regard de ce qui a été analysée dans la section précédente.

Cette section vise à positionner chacune des entreprises étudiées au regard de ces indicateurs.

Les firmes en fonction de la qualité technologique de leur portefeuille de familles de brevet européens

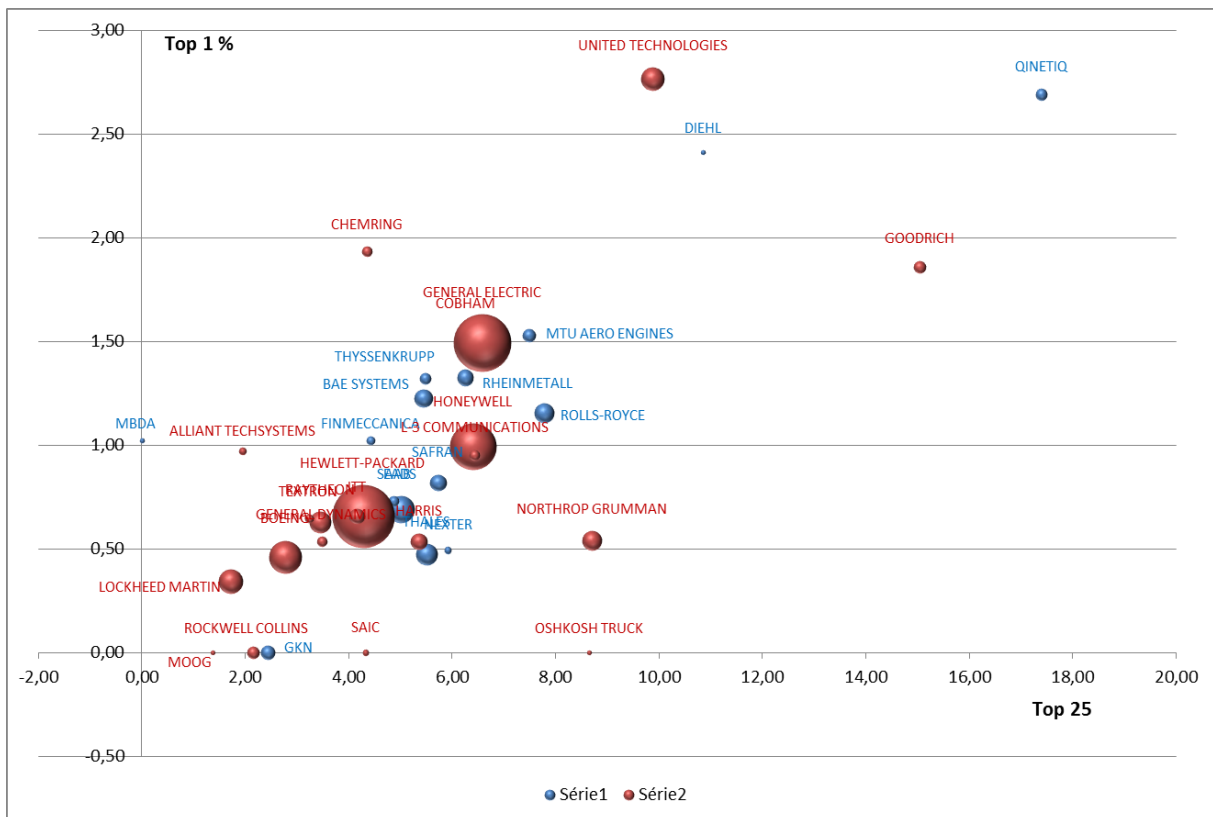
Les graphiques ci-dessous comparent la position des firmes européennes et américaines étudiées dans ce rapport en fonction de la proportion des top 1 % et des brevets les plus généraux (top 25 %) dans l'ensemble de leur portefeuille de brevets européens des entreprises pour les années 2003 et 2008.

Figure 5 Proportion (%) des top 1 % et des brevets les plus généraux pour les leaders sur le marché international de l'armement pour l'année 2003



La taille des bulles est proportionnelles au nombre de familles de brevets européens en 2003

Figure 6 – Proportion (%) des brevets dans le top 1 % et les plus généraux dans le portefeuille de brevets européens des firmes leaders sur le marché de l'armement en 2008



La taille des bulles est proportionnelles au nombre de familles de brevets européens en 2008

La plupart des firmes étudiées ont une proportion de top 1 % qui se situe en dessous de 1,5 % de leur portefeuille et plus de la moitié ont même une proportion inférieure à 1%, ce qui signifie que celles sont moins performantes que les entreprises du sous-domaine. La plupart des firmes étudiées ont également une proportion de brevets très généraux qui se situent en dessous de 8%. Les firmes leaders ont pour beaucoup d'entre elles des portefeuilles de moindre qualité que les firmes « moyennes » des sous domaines dans lesquelles elles déposent.

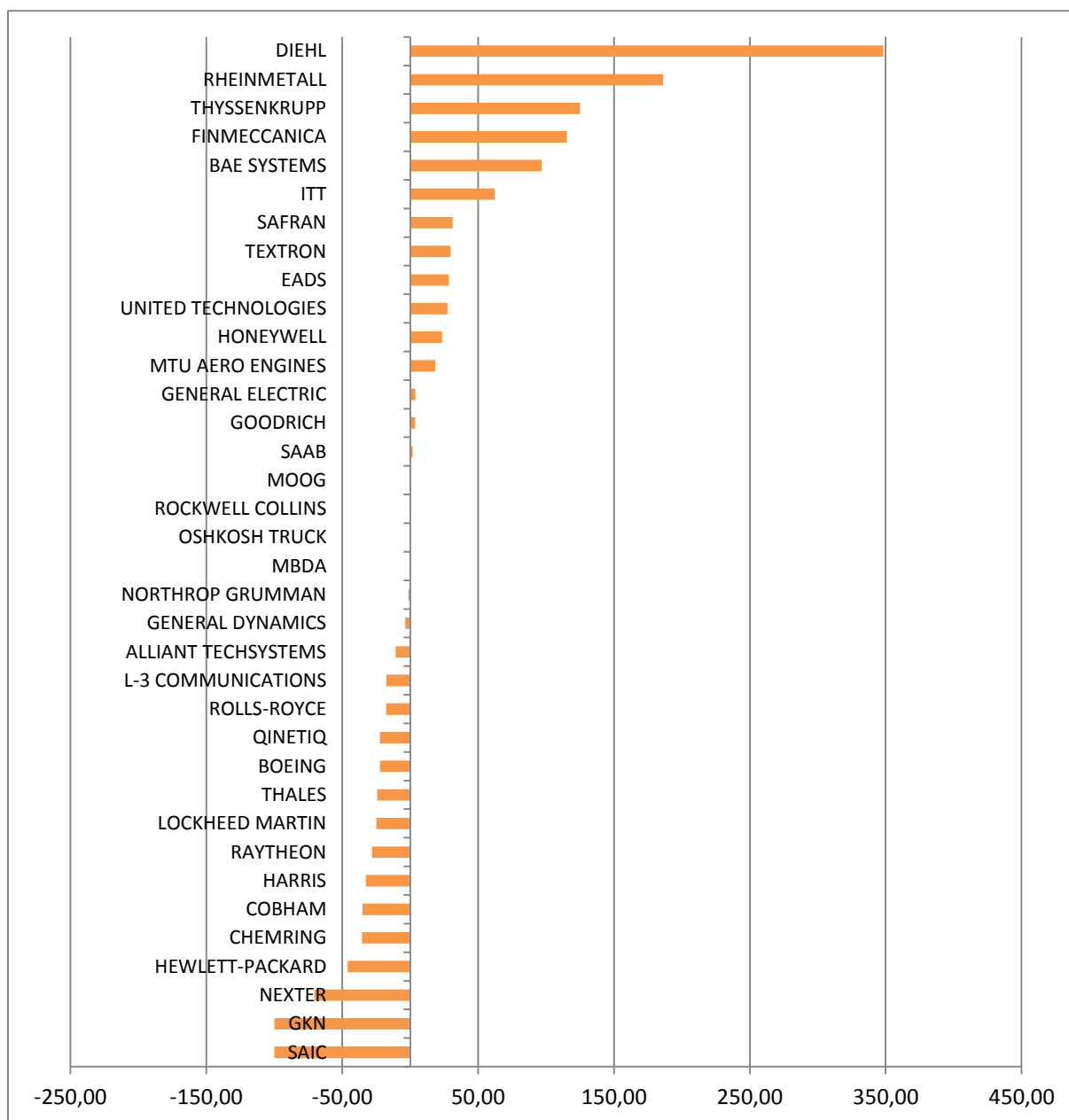
Les firmes américaines qui ont la proportion la plus importante en 2008 à la fois de *breakthrough patent* (top 1%) et de brevets généraux dans leur portefeuille de brevets sont United Technologies et Goodrich. L'écart se creuse sur la période 2003 et 2008 entre ces deux entreprises et la plupart de leurs concurrents étudiés dans ce rapport.

En 2008, et en comparaison avec 2003, un nombre plus important de firmes européennes ont une proportion de brevets dans le top 1% qui représente entre 1 et 1,5 % du total de leur portefeuille de familles de brevet européens. En 2003, on ne retrouvait que Rolls Royce, Nexter et MTU Aero engine. En 2008 Nexter voit sa proportion diminuer mais d'autres entreprises européennes renforcent leur position. En effet, outre MTU et Roll Royce, on retrouve ainsi Rheinmetall, Diehl, BAe Systems dans les entreprises européennes qui ont une proportion de *breakthrough patent* qui dépassent les 1 % du total de leurs portefeuilles de familles de brevets. A noter sur les deux années étudiées, la position assez remarquable de QinetiQ : l'entreprise dispose d'une proportion de brevets européens dans le top 1% et très généraux bien plus importantes que ses concurrents.

La proportion de brevets généraux a diminué pour la plupart des entreprises étudiées entre 2003 et 2008. Ce résultat peut refléter une baisse de la généralité mais il est plus probable qu'il soit lié à la vitesse de citations. Les brevets déposés en 2008 ont eu moins de temps d'être cités, et encore moins par des brevets issus d'autres domaines.

Comme nous l'avons vu, la proportion de top 1 % connaît des fluctuations plus variées sur cette période. Le graphique suivant met en évidence l'évolution de la proportion de top 1 % dans le portefeuille de brevets européens de chaque entreprise sur la période 2003 -2008.

Figure 7 Evolution en (%) 2003-2008 de la part de Top 1 % dans le portefeuille de brevets européens des leaders sur le marché de l'armement



Trois groupes se distinguent : ceux qui augmentent leur proportion de *breakthrough patents*, ceux qui n'en ont pas ou qui ont une proportion qui reste stable, et ceux qui voient leur proportion diminuer. Globalement plus de groupes européens que de groupes américains voient leur proportion de brevets dans le top 1 % augmenter.

Les compétences de niche technologique : des compétences stratégiques pour les groupes leaders sur le marché de l'armement

Le tableau suivant précise les domaines technologiques dans lesquels des firmes européennes et américaines ont des compétences de niches en 2008 et les domaines technologiques qui restent des compétences de niche stables sur la période 2003 et 2008.

Tableau 18 – liste des domaines de compétences de niches des firmes leaders sur le marché de l'armement

Domaines technologiques	Ameubl jeux	Biotech	Analyse biologique	Pharma	Nanotech	BTP	Outillage	Techno de l'envir.	Procédés thermiques	Produits agricoles et alimentaires
COMPETENCES DE NICHES 2008										
FIRMES EUROPEENNES	OUI	OUI	NON	NON	NON	OUI	NON	OUI	OUI	NON
FIRMES AMERICAINES	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	NON	OUI
STABILITE DANS LE TEMPS DES COMPETENCES DE NICHES										
FIRMES EUROPEENNES	NON	OUI	_	OUI	_	OUI	_	NON	NON	_
FIRMES AMERICAINES	OUI	OUI	OUI	NON	NON	NON	OUI	_	_	OUI

On constate que certains domaines ne correspondent à des compétences de niches que pour les firmes européennes ou américaines en 2008. C'est le cas par exemple pour les nanotechnologies (pour les USA) ou encore les technologiques de l'environnement (pour l'Europe). A noter que les groupes étant deux, certaines domaines de compétences de niches peuvent s'expliquer davantage par le positionnement des entreprises sur des marchés civils que militaires.

Les deux graphiques suivants détaillent pour les entreprises américaines puis les entreprises européennes les compétences de niches technologiques en 2008.

Figure 8 – Nombre de familles de brevets européens par entreprise américaine dans les domaines de niches en 2008

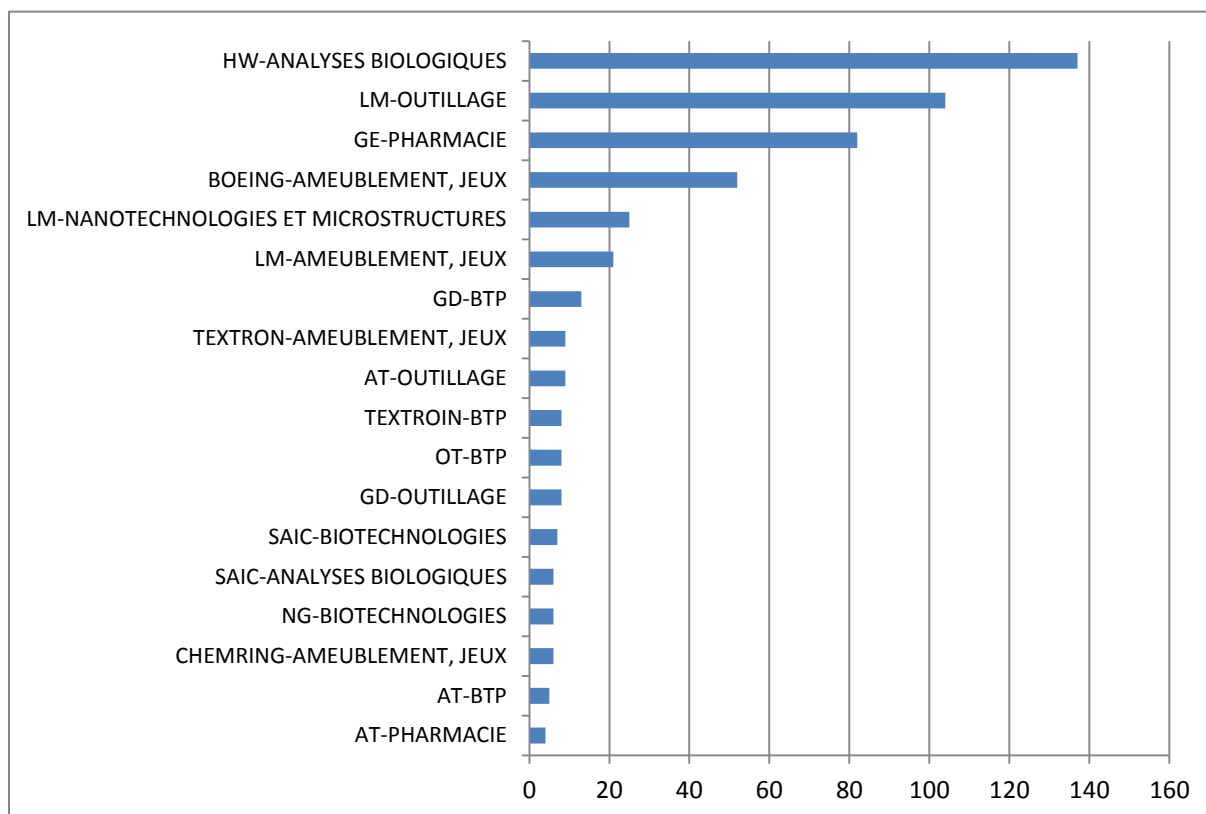
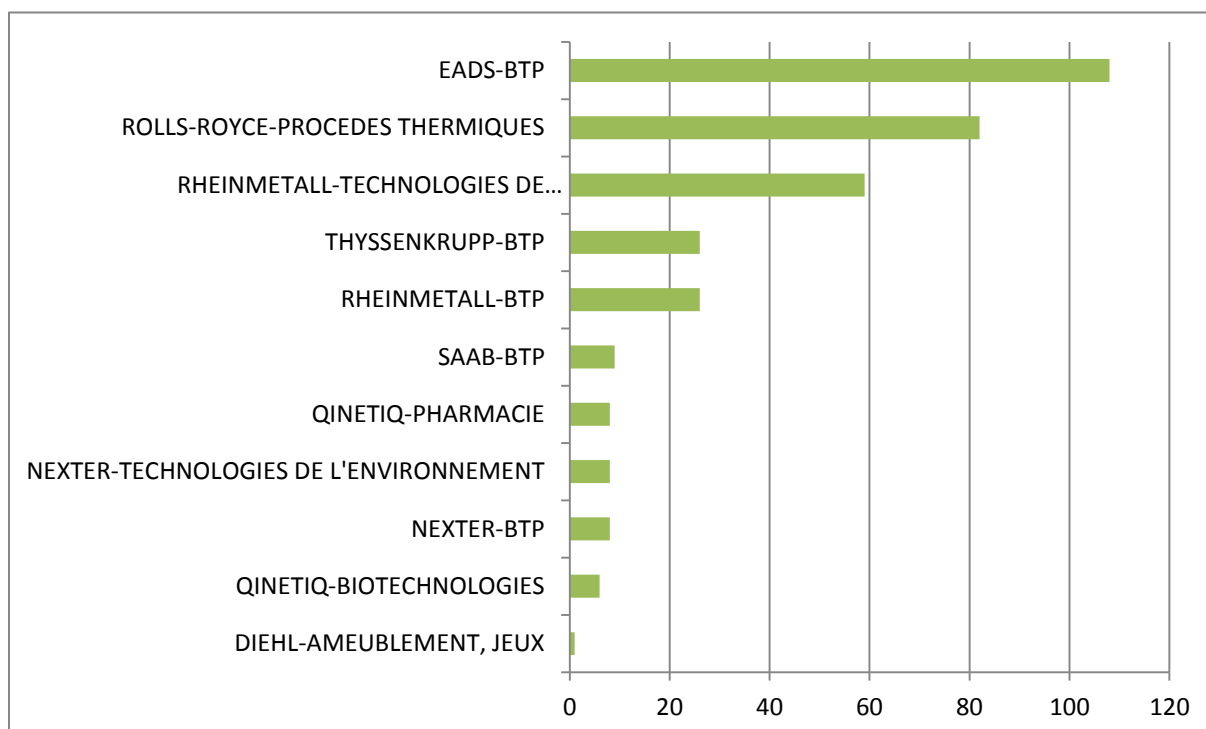


Figure 9 – Nombre de familles de brevets européens par entreprises européennes dans les domaines de niches en 2008



Le graphique suivant présente l'évolution du nombre de familles de brevets européens dans les domaines de compétences niches stables sur la période 2003 -2008. On constate que dans ces domaines la plupart des entreprises ont augmenté le nombre de familles de brevets européens.

Figure 10 – Nombre de familles de brevets européens par entreprises dans les domaines de niches technologiques stables sur la période 2003 – 2008

