



HAL
open science

Les droits de la propriété Intellectuelle et les marchés financiers dans la stratégie des firmes du logiciel en Europe et aux Etats-Unis

Diego Useche

► **To cite this version:**

Diego Useche. Les droits de la propriété Intellectuelle et les marchés financiers dans la stratégie des firmes du logiciel en Europe et aux Etats-Unis. Economies et finances. Université de Bordeaux, 2014. Français. NNT : 2014BORD0048 . tel-01230994

HAL Id: tel-01230994

<https://theses.hal.science/tel-01230994>

Submitted on 19 Nov 2015

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

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

THÈSE PRÉSENTÉE
POUR OBTENIR LE GRADE DE
DOCTEUR DE
L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

ÉCOLE DOCTORALE ENTREPRISE, ECONOMIE, SOCIÉTÉ (ED 42)

Par **Diego USECHE**

**LES DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE ET LES
MARCHÉS FINANCIERS DANS LA STRATÉGIE DES
FIRMES DU LOGICIEL EN EUROPE ET AUX ETATS-UNIS**

Dirigée par : **Bernard JULLIEN**

Soutenue le 27 Mai 2014

Membres du jury :

M. BROSSARD, Olivier
M. CORIAT, Benjamin
M. JULLIEN, Bernard
M. LISSONI, Francesco
Mme REVEST, Valérie

Professeur Institut d'Etudes Politiques de Toulouse
Professeur Université Paris 13 Nord
Maître de Conférence (HDR) Université de Bordeaux
Professeur Université de Bordeaux
Maître de Conférence (HDR) Université Lumière Lyon-2

Examineur
Rapporteur
Directeur de thèse
Examineur
Rapporteur

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier l'ensemble des membres de mon jury de thèse à savoir M. Olivier Brossard, M. Benjamin Coriat, M. Francesco Lissoni et Mme. Valérie Revest pour l'honneur qu'ils m'ont fait d'accepter de participer au jury de soutenance de cette thèse.

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance à mon directeur de thèse Bernard Jullien pour sa collaboration et pour la confiance qu'il a pu m'accorder tout au long de ce travail doctoral. Je tiens aussi à remercier Marie Coris et Matthieu Montalban pour leur disponibilité et leur précieuse aide. Je suis également très reconnaissant envers Yannick Lung et Claude Dupuy qui ont cru en moi depuis le départ de mon travail au master en 2 « Economie industrielle et veille stratégique ».

J'adresse aussi mes sincères remerciements à Francesco Lissoni et Valerio Sterzi qui depuis leur arrivée au GREThA ont su créer des nouvelles synergies scientifiques et amicales qui ont sans doute contribué à l'aboutissement de mon travail. Je tiens par ailleurs à remercier l'ensemble des chercheurs et collègues du GREThA pour leur collaboration et leurs conseils à chaque fois que j'en avais besoin. Mes remerciements vont particulièrement pour Claude Lacour, Philippe Gorry, Mathieu Becue, Matthieu Clément, François Combarous, Vincent Frigant et Christophe Carrincazeaux.

Je remercie également les nombreux chercheurs que j'ai rencontré tout au long de cette thèse dans de nombreuses conférences et qui ont apporté leurs compétences variées, leur remarques constructives, et leurs soutiens à l'amélioration de mon travail. Je garde en tête entre autres : Elif Bascavusoglu-Moreau, Carolina Castaldi, Alessandra Colombelli, Adam Jaffe, Marc Léandri, Anita McGahan, Yann Ménière, Julien Pénin, Ammon Salter, Melissa Schiling, M.Erdem Sakinç et

Sébastien Rouillon. J'adresse aussi mes sincères remerciements à William Lazonick, pour ses commentaires très enrichissants. Je remercie également tous les membres du conseil scientifique et directif de DRUID pour avoir cru à mon travail et m'avoir donné le prix du meilleur jeune chercheur en Innovation lors de la conférence à Copenhague en 2012. Je remercie tous les participants aux projets Européens de recherche FINNOV et ICATSEM (7th Framework programme) dont leurs participations et travaux ont enrichi mes compétences dans le financement de l'innovation, le changement institutionnel et l'analyse sectorielle.

Je remercie les commentaires de deux rapporteurs anonymes de « *Research Policy* » ainsi que trois rapporteurs anonymes d' « *Industry and Innovation* » qui ont sans nul doute contribué à enrichir et améliorer mon travail.

Je remercie par ailleurs le GREThA, l'école doctorale Entreprises, Economie et Société, ainsi que les projets Européens ICATSEM et FINNOV pour leur soutien financier qui m'a été précieux et m'a permis d'échanger avec des nombreux chercheurs. Je suis parfaitement conscient de l'importance que peut avoir le fait de bénéficier du soutien financier et des conditions de travail de qualité, je tiens à remercier l'ensemble d'institutions y compris le système d'éducation français.

Je souhaite exprimer ma gratitude à tous mes collègues doctorants du GREThA : Aurélie, Marina, Guillaume A, Luc, Amanda, Brice, Alexandre, Guillaume, Caroline, Erdem, Laurent, Nicolas, Rémi, Matthieu, Lorenzo, Leo, Natacha, Pierre pour leur amabilité, les bons moments que nous avons vécu et le soutien mutuel que nous avons partagé. Enfin, merci à ma famille, ma copine, mes collègues et amis, pour leurs soutiens et leurs encouragements.

Sommaire

Introduction générale	7
Partie 1	27
La complexité de l'industrie du logiciel et le rôle des institutions dans la structuration du secteur	27
Chapitre 1	31
Les enjeux stratégiques de l'industrie du logiciel et sa complexité.....	31
Chapitre 2	91
Les formes des DPI et des structures financières dans la stratégie des firmes du logiciel.....	91
Partie 2	173
Les formes des institutions et les performances des firmes du logiciel	173
Chapitre 3	177
Le rôle du brevet dans la réduction des asymétries d'information lors de l'introduction bourse	177
Chapitre 4	225
Le rôle du brevet dans la survie des firmes du logiciel.....	225
Conclusion Générale	277

Introduction générale

L'industrie européenne du logiciel mérite une attention particulière en raison de son caractère stratégique. En 2007, la Commission Européenne, à travers Mme Viviane Reding, Commissaire de la Société de l'Information et des Médias, a invité cette industrie à soumettre des idées concrètes pour une stratégie dans le but de soutenir l'industrie du logiciel. Ainsi, « favoriser la réussite de l'innovation » est le défi à relever des parties prenantes européennes (salariés, managers, financeurs, décideurs publics...).

L'innovation est donc au centre des préoccupations étant données les caractéristiques propres du secteur et l'importance du logiciel dans le processus d'innovation des autres industries. De nombreux présupposés ont été établis sur ce qui doit être fait en Europe pour soutenir cette industrie. Dans l'analyse de Reding, l'Europe peine à faire émerger des leaders mondiaux et elle reste un importateur net de logiciels¹. Au contraire, les Etats-Unis semblent avoir le leadership du secteur grâce à la puissance de leurs champions nationaux et à leur capacité à maîtriser le changement technologique rapide. En dépit du dynamisme de l'industrie du logiciel en Europe, l'industrie américaine serait devenue le modèle de référence grâce à la capacité de son système d'innovation à promouvoir des firmes innovantes. En imitant le modèle américain, l'Europe serait donc contrainte de réformer les structures institutionnelles qui supportent l'industrie du logiciel afin de favoriser la capacité d'innovation de ses firmes et par conséquent, leur survie, leur développement et leur réussite. Le « *benchmarking institutionnel* » permettrait d'améliorer les performances européennes et par conséquent la performance de l'industrie européenne de logiciels.

¹ “*Despite an excellent level of skills and research, companies founded in Europe have rarely become large global leaders. Europe is a massive producer of in house software and embedded software, but remains a large net importer of packaged software despite substantial production figures*” (Viviane Reding, Commissioner of Information Society and Media: “*Towards a European Software Strategy*”, le 19 Novembre 2007.

I – Les enjeux stratégiques du logiciel

Pour analyser la manière selon laquelle l'industrie européenne du logiciel pourrait être dynamisée, il convient de clarifier trois hypothèses majeures, afin de comprendre la nature institutionnelle du secteur : pourquoi peut-on dire que le logiciel est un bien complexe et en quoi cela affecte-t-il la définition du secteur ? Ensuite, quelle est la réalité de la supériorité américaine ? Enfin, quelle est la force du lien entre les Droits de Propriété Intellectuelle (DPI) et l'innovation dans le secteur ?

La complexité des biens logiciels et par conséquent la définition de l'industrie

La littérature a étudié la complexité technologique qui caractérise les biens logiciels en tant que réalisation de nature immatérielle et intellectuelle. Ce type d'approche a mis en évidence de nombreux phénomènes concernant le processus d'innovation des firmes productrices de logiciels, l'innovation dans le secteur logiciel étant avant tout un processus cumulatif, interactif et incertain. En tant que processus cumulatif, les innovations logicielles reposent sur l'amélioration continue des techniques ou des produits existants. L'activité innovatrice est donc dépendante des compétences déjà accumulées. La cumulativité favorise les firmes novatrices et pénalise les nouveaux arrivants, ce qui entraîne la concentration des structures du secteur (Moati, 2008). L'innovation logicielle est aussi un processus interactif car les innovations ne se font pas de façon isolée. L'innovation émerge des processus complexes et d'interactions de la firme et de ses fournisseurs, de ses clients, des concurrents, etc. L'innovation logicielle est confrontée à une forte incertitude : le développement d'un logiciel est un processus coûteux et complexe au résultat souvent « insatisfaisant » (Horn, 2004) alors que le coût de reproduction (copie ou piratage) d'un logiciel est quasi nul.

L'innovation logicielle est fortement dépendante des caractéristiques technologiques des biens logiciels. Les secteurs de l'information se distinguent des industries traditionnelles par des rendements d'échelles croissants, des effets de

réseaux et des coûts de changement élevés pour les consommateurs (Shapiro et Varian, 1999). Les principales caractéristiques peuvent être résumées ainsi : i) Le logiciel est caractérisé par une structure de coûts très particulière : le coût d'élaboration d'un logiciel est potentiellement très élevé et indépendant du nombre d'unités qui seront vendues. En revanche, le coût de reproduction du logiciel est quasi nul. ii) Les firmes du logiciel bénéficient d'effets de réseaux. Si la valeur d'un produit dépend du nombre d'utilisateurs, il existe des externalités de réseau ou effets de réseau. Ce type d'externalité explique que les logiciels ou les matériaux ayant le plus de succès bénéficient d'un avantage concurrentiel toujours plus important par rapport à leurs concurrents. Par conséquent, la valeur d'un logiciel s'accroît au fur et à mesure de son adoption. iii) L'industrie du logiciel est caractérisée par la possibilité de verrouillage des utilisateurs à cause des coûts de changement (Shapiro et Varian, 1999). Cette caractéristique favorise davantage l'établissement de standards « de facto » assurant à leurs propriétaires la domination du marché.

Le logiciel est une technologie complexe et largement diffusée. Les caractéristiques du logiciel et son importance au sein de l'économie font de l'appréciation de l'ensemble du secteur une tâche extrêmement complexe. Les caractéristiques technologiques propres au logiciel et son industrie ont un impact sur la façon dont le logiciel est produit, distribué, protégé ainsi que sur la forme des institutions qui structurent l'industrie surtout en ce qui concerne le droit de propriété intellectuelle et son financement. Elles ont aussi un rôle privilégié dans les différences de physionomie et de performances des industries entre pays ainsi que dans l'émergence d'acteurs « dominants ».

La complexité des logiciels est étroitement liée à la difficulté à délimiter les frontières du secteur et à clairement cerner les métiers des firmes du logiciel. Il en résulte une impossibilité à mesurer la taille de certains marchés car il n'existe pas de données fiables pour certains types de produits logiciels. De cette façon, la croissance des marchés du logiciel embarqué n'est pas prise en compte dans la définition de l'industrie et par conséquent, les défis et les opportunités qu'il représente, sont mal connus. Par ailleurs, il n'existe pas de statistiques ou de mesures

fiables et à grande échelle de l'économie du logiciel libre. La plupart des analyses du logiciel libre se sont intéressées à son émergence, à ses caractéristiques, aux incitations à sa production, etc.

Quelle est la réalité de la supériorité américaine ?

Etant donnés les présupposés exprimés par Reding pour élaborer une stratégie européenne, il convient de se demander s'il existe une domination réelle de l'industrie américaine du logiciel. En effet, les Etats-Unis semblent avoir le leadership du secteur grâce à la puissance de leurs « champions nationaux » et à leur capacité à maîtriser le changement technologique rapide du secteur. Cependant, la supériorité américaine vis-à-vis de l'Europe en matière logicielle doit être relativisée car il n'existe pas de statistiques fiables au niveau international pour mener des analyses détaillées concernant la production et la distribution des logiciels : la complexité des biens logiciels limite l'appréciation de l'ensemble du secteur. Les logiciels ne sont pas un bien homogène et facilement identifiable. L'analyse du secteur du logiciel exclut souvent les logiciels embarqués et le logiciel libre du périmètre du secteur. Les logiciels embarqués sont très souvent considérés comme une partie cachée de l'industrie. Cependant, ils sont omniprésents et font partie d'une multitude de produits électroniques dans plusieurs industries : l'électronique grand public, l'automobile, la robotique, la téléphonie, les télécommunications, etc. Le logiciel est au cœur du processus d'innovation dans plusieurs secteurs. Il joue, pour cette raison, un rôle clé dans la compétitivité, la croissance soutenable, le bien-être et la création d'emplois hautement qualifiés des pays. Le logiciel est aussi au cœur de l'économie de l'Information et d'Internet. Ce dernier deviendrait à terme, un réseau « sans couture » qui reliera toutes les machines capables de traiter tous types d'informations, selon des principes différenciés allant de la communication sécurisée jusqu'à la diffusion en masse de l'information, en passant par toutes sortes d'hybridations novatrices dans les technologies de l'information (Brousseau, 2004).

L'omniprésence des logiciels mais aussi leur large diffusion posent des problèmes pour envisager une domination absolue de l'industrie américaine du

logiciel. En effet, l'industrie du logiciel est caractérisée par une forte hétérogénéité intra-industrielle dans laquelle l'Europe possède de solides atouts concentrés sur certains produits et services de logiciels (ex : ERP, jeu-vidéo, etc). Ces atouts sont d'autant plus importants que l'industrie n'est pas stabilisée et les ruptures technologiques représentent de nouvelles opportunités pour les acteurs du secteur.

La domination américaine est donc difficile à établir clairement. Les firmes américaines profitent de l'avantage pris par leur industrie lors de l'émergence de l'industrie du logiciel à la fin des années 1960, de sa proximité avec les fabricants de composants et d'ordinateurs, d'un vaste marché unifié et d'une solide et ancienne implantation dans les marchés internationaux. En dépit du dynamisme de l'industrie du logiciel en Europe, l'industrie américaine est devenue une sorte de modèle de référence grâce à la capacité de son système d'innovation à promouvoir des firmes innovantes (Google, Microsoft, Sun, Apple, etc). De nombreux arguments peuvent être avancés pour comprendre les raisons d'une certaine supériorité américaine et de leur capacité à faire émerger des firmes dominantes : la taille du marché (renforcée par les économies d'échelle et les effets de réseau), l'avantage au premier arrivant (renforcé par la possibilité de verrouillage des utilisateurs), la puissance novatrice de ces firmes qui leur permet de se positionner rapidement sur de nouveaux marchés, etc. Pour expliquer ces raisons, la littérature met l'accent sur les avantages comparatifs institutionnels des États-Unis vis-à-vis de l'Europe et démontre que le rôle joué par les institutions permet d'expliquer l'innovation dans le secteur du logiciel.

II – Le rôle des institutions dans la structure du secteur

Nous appelons institutions les règles du jeu social qui contribuent à guider le comportement des acteurs. Les institutions peuvent prendre des formes variées tels que les lois juridiques ou les normes sociales mais elles peuvent être aussi considérées comme des dispositifs spécifiques comme *les institutions financières* ou *les offices de brevets*. Nous étudierons principalement le rôle des Droits de Protection Intellectuelle (DPI) et de la finance dans la structuration du secteur. Pour comprendre

le rôle de ces institutions, il est nécessaire d'analyser la force du lien entre les Droits de Protection Intellectuelle (DPI) et l'innovation dans le secteur. On doit aussi s'intéresser à la manière dont le financement de l'innovation se voit assuré et finalement aux relations entre le DPI et le financement de l'innovation dans le secteur.

La force du lien entre les DPI et l'innovation dans le secteur

L'industrie du logiciel est caractérisée par la présence de deux modèles d'innovation radicalement opposés mais qui ne sont pas spécifiques à la firme car une entreprise peut les combiner en fonction de ses besoins. Tout d'abord, le *modèle propriétaire* qui cherche à protéger certains aspects du code source de l'entreprise en s'appuyant sur des brevets forts et la protection du droit d'auteur (copyright). Ensuite, le *modèle Open Source (OSS)* qui est considéré en tant que tel comme un modèle d'innovation, d'accumulation et de recombinaison des connaissances (Foray et Zimmermann, 2001). Il apparaît comme une alternative aux logiciels propriétaires (Coris, 2004). Cette alternative utilise une innovation institutionnelle appelée *General Public License (GPL)* qui ouvre à l'utilisateur des droits illimités de copier, modifier et redistribuer un produit OSS si la version modifiée est protégée par la même licence GPL. Enfin, il existe également les *modèles hybrides* dans lesquels la stratégie ouverte et la stratégie propriétaire sont combinées au sein des firmes. Le but est alors de protéger certaines parties du logiciel tout en laissant ouvertes d'autres parties (Smets et Faucon, 1999).

L'existence de ces deux régimes d'innovation très opposés dans l'industrie a favorisé l'émergence d'un régime d'appropriabilité² modulable (Muselli, 2008). En effet, suivant la définition de Teece (1986), l'industrie du logiciel est caractérisée par

² Teece (1986) utilise la notion de régime d'appropriabilité afin de déterminer le caractère plus ou moins imitable d'une technologie. Ainsi, le régime d'appropriabilité est déterminé par la mise en place de mécanismes légaux de protection (tels que le brevet, le copyright ou le copyleft) et par la nature de la technologie. Si la technologie est difficilement copiable et bénéficie d'un mécanisme légal de protection fort, le régime d'appropriabilité est considéré comme fort. En revanche, si la technologie est aisément copiable et bénéficie d'un régime de protection plus faible, on peut dire que le régime d'appropriabilité est faible.

un régime d'appropriabilité faible car sous les logiciels libres (ou « open source »), la technologie est facilement imitable ce qui rend la captation du revenu aléatoire. En opposition, le logiciel propriétaire est caractérisé par un régime d'appropriabilité fort car la technologie est difficilement imitable ce qui favorise la captation de revenu (Muselli, 2008).

Le droit de propriété intellectuelle ainsi que les caractéristiques de la technologie influenceraient fortement la captation de revenus dans l'industrie mais aussi la diffusion d'une technologie. En effet, le caractère ouvert d'une technologie favorise sa diffusion alors que la diffusion est plus limitée quand la technologie est difficilement imitable et est protégée par le droit de protection intellectuelle.

Le droit de propriété intellectuelle serait donc fondamental pour favoriser la captation du revenu des firmes, la diffusion d'une technologie et la direction du changement technologique. Pour cerner l'importance du processus permanent d'innovation dans le secteur, il convient aussi de s'intéresser aux financements dans le secteur.

Le financement de l'innovation dans le secteur

Puisque le secteur du logiciel est caractérisé par un changement technologique rapide, par un processus d'innovation cumulatif, non isolé et fortement incertain, le rythme rapide d'innovation a besoin d'un soutien financier régulier au processus productif. Un rapide changement technologique favorise une entrée vigoureuse de nouvelles sociétés souvent spécialisées dans des technologies et des marchés de niche. Le rythme accéléré d'innovation ainsi que la multiplication des opportunités et de nouveaux acteurs induisent des besoins de financement importants. Or, la rareté du financement pour les petites et moyennes sociétés semblerait s'imposer. La difficulté d'accès au financement est d'autant plus forte que le projet est plus risqué et plus long.

Face à ce constat, on peut opposer les jeunes firmes du secteur, les nouveaux arrivants aux acteurs établis. Les jeunes firmes du logiciel sont particulièrement sujettes à de multiples contraintes financières. La littérature a mis en évidence que les firmes de hautes technologies doivent d'abord utiliser leurs ressources internes compte tenu de la rareté du financement et des dysfonctionnements des marchés des capitaux dus aux asymétries d'information entre les investisseurs et les firmes (Revest et Sapio, 2012 ; Colombo et Grilli, 2007). Au contraire, les grands acteurs du secteur s'extrait plus facilement de cette rareté du financement car le contrôle de leurs technologies et la captation du revenu qui en découlent leur permet de disposer d'importantes ressources internes pour financer leur processus d'innovation. De cette façon, l'absence des grands acteurs en Europe doit être associée à la difficulté des acteurs du secteur (de petites sociétés pour la plupart) à financer leur processus productif et leur croissance.

Les investissements dans de nouvelles technologies sont par nature toujours plus ou moins risqués. Le développement des services financiers spécialisés dans le soutien à de jeunes sociétés serait alors un des facteurs clé de réussite, associé aux changements technologiques futurs ainsi qu'au développement des secteurs de haute technologie. Le développement des institutions financières serait lié à une plus grande mobilisation des ressources financières réduisant en partie certaines contraintes financières des jeunes start-up innovatrices (Baygan and Freudenberg, 2000). Il permettrait aussi de sélectionner parmi plusieurs projets novateurs, ceux dont les probabilités de succès sont les plus importantes. Par ailleurs, le financement public a été fondamental pour l'émergence et la consolidation de l'industrie du logiciel.

Le processus d'émergence du secteur a été accompagné et soutenu par la mise en place d'un système de financement public et privé (capital-risque et marché boursier) capable de supporter le processus productif des firmes ainsi que leur développement et leur croissance. Le capital-risque serait fondamental pour permettre aux jeunes sociétés à fort potentiel de croissance d'accéder non seulement au financement mais aussi aux compétences spécifiques des capitaux-risqueurs. Par

ailleurs, l'introduction en bourse des firmes du secteur a été considérée comme un moyen privilégié pour réduire le coût d'accès au financement, lever des fonds, rémunérer les actionnaires d'origine (entrepreneurs et capital-risqueurs), favoriser les opérations de croissance externe et la notoriété de la firme. Sur la base du capital-risque et du marché boursier, les Etats-Unis ont mis en place un système de financement capable de supporter le changement technologique rapide des firmes. Le marché boursier a permis aux firmes américaines de s'approprier des technologies élaborées par des tiers et de renforcer leur position dominante dans certaines technologies au travers de l'acquisition de sociétés. Le NASDAQ américain a attiré de nombreuses entreprises, qui par la suite sont devenues des entreprises globales comme Apple, Cisco, Microsoft, Google... Il a aussi attiré de nombreuses firmes du monde entier, y compris des firmes européennes, à travers le « *be with peers* » ce qui, selon Revest (2013), a poussé les autorités européennes à favoriser la création de nouveaux marchés tels que le Nouveau Marché français en 1996 ou le Neuer Markt allemand en 1997. Le modèle de financement américain a largement influencé la mise en place d'un marché de financement par capital-risque et des marchés boursiers spécialisés en Europe.

III- La relation entre les DPI et la finance dans le secteur.

L'analyse des relations entre les DPI et le financement peut être menée au niveau technologique et au niveau institutionnel. Au niveau technologique, nous nous intéresserons à la manière dont les deux modèles d'innovation du secteur se procurent leur financement afin d'assurer leur développement technologique et leur imposition comme standards de marché pour certaines technologies. Au niveau institutionnel, nous étudierons la complémentarité institutionnelle entre ces deux institutions au niveau du secteur.

L'approche technologique

Le financement du *modèle propriétaire* est assuré par sa capacité à capter les récompenses monétaires produites par les innovations de la firme. La capacité d'une

firme à capter des revenus et à les réinvestir dans le développement de nouvelles technologies qui vont elles-mêmes être protégées par des brevets et par des droits d'auteur, permet d'assurer un financement du processus productif assez autonome. Par ailleurs, le renforcement du droit de propriété intellectuelle a favorisé la capacité des firmes à capter des revenus et à contrôler leurs technologies et par conséquent, leur capacité à attirer des investisseurs-financeurs. Ces derniers évaluent le potentiel d'une firme sur la base de l'analyse des informations fournies par les sociétés, leur histoire et leur marché potentiel. Ils s'intéressent à plusieurs signaux tels que la position de la firme sur le marché, ses revenus, son expérience, la possession d'actifs immatériels facilement repérables, tels que les brevets. Le financement par le marché est donc particulièrement bien adapté pour soutenir le processus productif du *modèle propriétaire*. Il attend en échange un retour important sur l'investissement, le contrôle de la technologie par les firmes et des signaux afin d'évaluer facilement les firmes sur les marchés.

A l'opposé, le modèle *open source* a besoin d'un financement essentiellement hors marché pour lui permettre de développer des technologies ouvertes. Dans le modèle libre (OSS), le contrôle technologique et la captation du revenu sont fortement réduits, voire inexistantes. La capacité à attirer des ressources externes est le résultat des opportunités ouvertes par cette technologie (qualité du logiciel OS, accès à des milliers de développeurs, réduction des risques juridiques, etc.). Ainsi, à travers la coopération et le don des communautés OSS (composées d'entreprises privées et d'ingénieurs informaticiens), le modèle OSS se procure le soutien financier nécessaire à son organisation productive. La coopération et le don des communautés OSS deviennent une sorte de soutien financier alternatif dans le but de développer le modèle OSS car ces acteurs y trouvent leur intérêt.

Finalement, le financement du modèle hybride résulte de la mise en place d'un financement du processus productif par le marché et hors marché. Les modèles hybrides profitent des développements hors marché par les communautés OSS et ils intègrent des clauses limitant souvent la distribution du logiciel et favorisant la captation du revenu. De ce fait, les modèles hybrides sont plus favorables à la

captation du revenu et à une certaine forme d'appropriation des connaissances développées hors marché que les *modèles propriétaires* et *Open Source*.

L'approche institutionnelle

L'industrie du logiciel est une industrie high-tech dans laquelle l'innovation est au cœur du processus productif. Elle est redevable d'une analyse en termes de système d'innovation, de régime technologique et de régime d'apprentissage. Cependant, l'analyse du cadre institutionnel dans lequel la concurrence se joue entre les firmes du logiciel, relève fondamentalement d'un problème politique, celui de la définition des règles de droit et des institutions (Jullien et Smith, 2008). Cela légitime une réinscription de l'analyse de l'innovation dans le cadre d'une analyse institutionnaliste du secteur que nous menons par l'utilisation du concept de Complémentarité Institutionnelle (CI).

Par complémentarité institutionnelle, on entend le fait que deux institutions sont complémentaires lorsque le fonctionnement et l'existence d'une institution est renforcée par la présence d'une autre institution (Amable, 2000). Le concept de CI a été utilisé afin de rendre compte de l'importante diversité et de la persistance des différences internationales dans plusieurs domaines. Il a été aussi employé afin de comprendre en quoi la forme spécifique d'une institution dans des espaces différents est conditionnée par l'architecture institutionnelle qui caractérise chaque système social. Nous montrerons que le concept de complémentarité institutionnelle peut être mobilisé pour mieux comprendre l'organisation et la performance de l'industrie du logiciel, même s'il ne s'applique pas de manière automatique et aisée. Notre analyse au niveau sectoriel a pour but de montrer que la complémentarité institutionnelle est liée à des effets de renforcement de position dominante au sein du secteur du logiciel.

Les travaux de Coriat et Orsi (2002, 2003) mobilisent le concept de complémentarité institutionnelle afin de comprendre l'émergence d'un puissant système d'innovation aux Etats-Unis qui serait dynamisé par les évolutions parallèles et complémentaires du droit de la propriété intellectuelle et de la réglementation

financière. Coriat et Orsi (2003) analysent les transformations réglementaires dans les domaines des DPI qui se traduisent dans le domaine du logiciel entre autres par l'autorisation à breveter des algorithmes. Cette transformation majeure des DPI permet d'accorder des brevets aux connaissances de base ce qui *protège non seulement les inventions décrites et dévoilées, mais aussi toutes celles potentielles et virtuelles qui peuvent dériver de l'utilisation de la connaissance brevetée* (Coriat et Orsi, 2003, page 2). Par ailleurs, selon Coriat et Orsi (2003), *la transformation de la connaissance en marchandise (sous forme de DPI marchandisables et garants de rentes futures) a créé les conditions nécessaires à l'entrée du capital financier dans l'espace de la production de connaissance* (Page 3). En effet, les transformations dans le domaine financier ont permis de financer des firmes hautement risquées (car jeunes et peu solvables), à condition qu'elles disposent d'actifs intangibles tels que les brevets. La complémentarité institutionnelle entre les DPI et la finance a permis la mise en place d'un système de promotion des firmes hautement risquées avec des « *business models inédits* ». De nombreuses sociétés américaines ont ainsi tiré profit du cadre institutionnel américain afin de favoriser leur croissance et d'assurer leur domination dans l'informatique (Google, Microsoft, Oracle, etc.)

Sur la base de l'analyse de Coriat et Orsi (2003), il conviendra de préciser comment opère la CI entre les DPI et la finance et comment elle s'exprime sur d'autres territoires, par exemple en Europe. Il conviendra de préciser si la CI entre les DPI et la finance favorise le dynamisme du système d'innovation américain et/ou si elle peut s'exprimer au niveau du secteur. Une analyse au niveau du secteur doit permettre d'intégrer l'hétérogénéité intra-industrielle qui est ignorée dans l'analyse en termes des Systèmes d'Innovation qui néglige en général la question de l'organisation des firmes (Lung, 2008).

La notion de CI ne s'applique pas de manière automatique et aisée à un secteur particulier. En effet, le secteur possède ses propres logiques qui peuvent être le résultat des caractéristiques technologiques et institutionnelles qui définissent les conditions dans lesquelles les firmes rentrent en concurrence ou en coordination. Le secteur peut ainsi être considéré comme un espace de régulation et de médiation et

donc comme une « *construction sociale et politique historiquement située* ». Il s'agit à la fois d'un *espace d'accumulation, de régulation et de conflits* (Allaire, 2002 ; Montalban, 2009). Dans notre analyse, nous nous intéressons à la forme des CI aux Etats-Unis et en Europe en ce qui concerne l'industrie du logiciel.

Dans le cadre de cette thèse, nous analyserons le rôle du DPI (particulièrement le brevet) et de la finance (capital-risque et introduction en bourse) dans l'organisation du secteur du logiciel aux Etats-Unis et en Europe.

De cette façon, nous évaluerons la pertinence de l'hypothèse selon laquelle l'Europe doit copier certains aspects du modèle américain comme par exemple une législation claire qui accepte le brevet logiciel et qui renforce le financement privé par le capital-risque et les marchés financiers dans la croissance des firmes, ces transformations étant davantage favorables aux modèles propriétaires.

IV- La démarche de la thèse

Afin d'étudier les relations entre les DPI et la finance en matière du logiciel et d'offrir une réponse empirique et analytique au problème politique posé par Reding, nous proposons une démarche qui permet de préciser les termes dans lesquels le débat mérite d'être posé.

1- L'hétérogénéité et la spécificité DPI/finance relatives au secteur du logiciel

Nous expliquerons pourquoi le bien logiciel nécessite une analyse particulière du fait de sa complexité comme objet technique et comme bien économique particulier. En effet, ces spécificités ont des implications concernant les types des DPI et les modes de financement adaptés aux firmes. Nous tenterons ensuite de « déconstruire » une partie du mythe de la supériorité américaine. En effet, la difficulté à définir le secteur empêche de cerner aisément une telle domination. De cette façon, l'absence de statistiques fiables et détaillées pour l'ensemble des

segments logiciels au niveau international ne permet pas d'apprécier la réalité de cette domination. Ainsi, nous relativiserons la supériorité absolue américaine vis-à-vis de l'Europe en matière logicielle. Dans la mesure où, l'Europe possède de nombreux atouts sur plusieurs technologies du logiciel. De plus, il y a de multiples opportunités émergentes dans le cadre d'une industrie qui est dans un processus permanent de transformation et dans laquelle la domination dans de nombreux domaines n'est pas encore achevée. Nous montrerons en quoi la forme des DPI et de la finance influencent la stratégie et la performance des firmes du logiciel aux Etats-Unis et en Europe. Nous exposerons les transformations réglementaires concernant la propriété intellectuelle et tout particulièrement l'émergence du brevet logiciel aux Etats-Unis, largement adopté par les principales firmes ainsi que par de nombreuses sociétés en croissance. Nous nous intéresserons également aux mutations réglementaires qui ont ouvert la voie à un certain type de brevetabilité « très restreint » du logiciel en Europe.

Ensuite, nous nous intéresserons à la littérature concernant l'adoption du brevet comme mécanisme de protection de l'innovation par les firmes du secteur et les controverses que leurs utilisations impliquent (Merges et Nelson, 1990; Merges, 1996 ; Scotchmer, 1991; Jaffe et Lerner, 2004; Bessen et Meurer, 2008). En effet, le rôle du brevet sur la dynamique innovatrice des firmes du secteur peut être très contradictoire et de nombreux travaux divergent sur l'impact du dépôt de brevet dans le secteur. Il y a peu d'études sur l'effet du brevet dans l'activité des start-up et des PME du secteur. Les principaux débats concernant l'utilisation du brevet dans l'industrie du logiciel portent sur son inefficacité et son impact sur l'innovation. La littérature analysant l'effet du brevet sur l'industrie du logiciel montre un effet négatif sur la concurrence, l'innovation et par conséquent l'efficacité du système. Selon Bessen and Maskin (2009), en bloquant l'imitation, les brevets peuvent réduire le bien-être général, car ils limitent l'innovation future. L'imitation favoriserait la « *diversité* » technologique car les imitateurs élaboreraient des produits différenciés. Le brevet serait utilisé comme une arme stratégique visant plus à bloquer les stratégies des concurrents qu'à favoriser la propre capacité innovante de la firme. Le côté stratégique du brevet est de plus en plus désigné comme la raison principale du

dépôt dans l'industrie. Les firmes du logiciel seraient ainsi incitées à se doter de brevets dans le but de mieux positionner leurs activités d'innovation face à leurs concurrents ainsi que pour d'autres raisons stratégiques. Du dépôt de brevet défensif (éviter la contrefaçon) les firmes seraient passées au dépôt de brevet offensif (bloquer et attaquer les concurrents).

Dans un troisième temps, nous étudierons l'organisation et la puissance des systèmes de financement public et privé (capital-risque et marché boursier) des Etats-Unis et de l'Europe. Nous observerons le rôle historique du financement public pour dynamiser l'industrie et favoriser les ruptures technologiques majeures telles qu'Internet. Cela nous conduira à analyser le développement de l'industrie américaine grâce à l'importance du capital-risque à partir des années 1980 et du NASDAQ au début des années 1970. Le succès du modèle américain a influencé de nombreuses réglementations en Europe qui ont cherché à favoriser le développement de l'industrie du logiciel et la croissance des start-up innovantes. De ce fait, le capital-risque et le NASDAQ américains sont devenus les modèles de référence du capital-risque et des marchés financiers européens depuis le milieu des années 1990.

Dans un quatrième temps, nous montrerons l'intérêt d'analyser l'effet des interactions entre les DPI et la finance sur le comportement et les performances des firmes, et, afin de ne pas se restreindre à l'analyse de leur influence isolée, nous mobiliserons donc la notion de complémentarité institutionnelle que nous définirons au niveau du secteur. Il est pertinent de mobiliser cette notion de complémentarité institutionnelle au niveau sectoriel afin de mieux comprendre les différences de performances de certains acteurs au détriment des performances d'autres types d'acteurs. La CI impliquerait donc des performances supérieures pour **certains acteurs** au détriment d'autres. Ce processus, de notre point de vue, renvoie à un certain type de processus de sélection du système. Ainsi, l'organisation de la firme serait orientée pour tirer profit des opportunités ouvertes par les institutions et les interactions entre elles (Coriat et Weinstein, 2002; Coriat et Orsi, 2003). Les quatre moments font l'objet de la première partie.

2- La complémentarité entre DPI et finance aux Etats-Unis et en Europe

Il faut donc prendre en compte deux domaines institutionnels clés dans la structuration du secteur, à savoir les structures financières et le droit de propriété intellectuelle et leurs transformations, ainsi qu'une certaine performance liée à ***l'hétérogénéité des formes d'organisation*** des firmes. Nous étudierons comment le DPI (brevet) renforce la présence, le fonctionnement et l'efficacité du financement marché capital-risque ainsi que l'introduction en bourse. De même, la CI permet de mieux comprendre pourquoi les firmes déposent des brevets dans des technologies pour lesquelles le recours au brevet est très controversé. En effet, l'importance des financements par les marchés ces dernières années et la concurrence qui se joue entre firmes pour l'accès au financement explique en partie l'augmentation (voire l'explosion) du nombre de brevets déposés dans un secteur dans lequel ces derniers posent des problèmes au fonctionnement du secteur.

La deuxième partie propose ainsi deux recherches plus précises et originales pour tenter de dégager des résultats concernant la complémentarité entre les DPI et la finance aux Etats-Unis et en Europe.

Nous analyserons comment le jeu d'interactions entre les DPI et les structures financières devrait favoriser certains acteurs au détriment d'autres à travers deux types de performances. La première est la croissance et la survie des firmes du logiciel (performance des PME) et la deuxième est la capacité à conserver le leadership et la domination du secteur (performance des grands acteurs). Les interactions entre les DPI (nous nous focaliserons ici sur l'analyse des brevets) et les structures financières, seraient favorables à l'émergence de nouveaux acteurs ces dernières années. Nous testerons alors le fait que les firmes à fort capital intangible seraient davantage alimentées en ressources financières par les capitaux-risqueurs et lors de l'introduction en bourse. Cela fera l'objet du chapitre 3 présenté sous forme d'article de recherche. L'originalité de notre approche sera de faire une analyse comparative du rôle du brevet dans la réduction des asymétries d'information subies par les investisseurs, au moment de l'introduction en bourse des firmes du logiciel

aux Etats-Unis et en Europe. Nous croisons plusieurs bases de données dans le but de retracer le cycle de vie et de financement de nombreuses sociétés du logiciel aux Etats-Unis et en Europe. Nous croisons aussi les informations des bases de données financières avec la base de données Questel-Orbit QPAT dans le but d'obtenir le nombre de brevets déposés et les caractéristiques du portefeuille de brevets des firmes avant leur introduction en bourse aux Etats-Unis et en Europe. Cette approche comparative permet de mieux comprendre le rôle des institutions dans l'organisation du secteur. Nous testons l'hypothèse suivant laquelle des marchés de croissance, par nature hétérogènes, fournissent différentes incitations aux firmes du logiciel afin de déposer des brevets avant leur introduction en bourse. Plusieurs techniques économétriques sont mobilisées pour prendre en compte des processus endogènes qui peuvent émerger dans la relation entre le nombre des brevets déposés et la somme d'argent collectée lors de l'introduction en bourse des firmes aux Etats-Unis et en Europe (auto-sélection, simultanéité et variable omise).

En termes de complémentarité entre les institutions, nous voulons examiner la question de savoir si les croyances sur la valeur du brevet orientent le comportement des acteurs (firmes et investisseurs). Les « croyances partagées » sur la valeur du brevet permettent que la présence d'une institution (le dépôt de brevet) renforce le fonctionnement et l'usage d'une autre institution (l'évaluation des firmes lors de l'introduction en bourse). Nous étudions et mesurons les différences dans la valeur du signal pour réduire les asymétries d'information (on estime la valeur monétaire reçue par la firme lors de l'introduction pour un brevet additionnel déposé avant l'introduction). Notre étude nous permet ainsi d'articuler l'analyse des complémentarités institutionnelles au niveau sectoriel (composante plutôt méso-économique) au rôle des croyances partagées entre les acteurs (composante plutôt microéconomique). Les « croyances partagées » des acteurs qui façonnent leurs comportements et permettent l'articulation de ces deux institutions sont mises en évidence.

La complémentarité entre les brevets et la finance consolide sans doute les acteurs dominants. La question est alors de savoir si l'obtention d'un brevet ou le

nombre de brevets déposés par la firme avant l'introduction en bourse réduit leur risque de se faire acquérir par un tiers. Cockburn et Wagner (2010) par exemple, ont trouvé que les brevets offrent un avantage comparatif aux firmes qui se traduit par une probabilité plus grande de survie³ après l'introduction en bourse aux Etats-Unis. Les firmes d'Internet détenant des brevets auraient donc moins de risque de faire faillite ou de se faire racheter. Cependant, des firmes avec un portefeuille de brevets de bonne qualité seraient des cibles plus attractives pour un rachat.

Notre apport dans le chapitre 4 en forme d'article, sera de tester l'effet du portefeuille de brevet et sa qualité dans la probabilité de survie des firmes européennes du logiciel et notamment sur la probabilité de se faire racheter. Nous utilisons un modèle de survie de Cox (1972) pour étudier le temps écoulé avant qu'un événement ne survienne. Nous modélisons les risques compétitifs (rachat ou faillite) en mobilisant une méthodologie originale décrite par Lunn and McNeil (1995) dans laquelle nous estimons un modèle de Cox stratifiant par types de risque. La valeur du brevet peut être associée à un avantage concurrentiel pour les propriétaires de brevets qui se traduit par une probabilité plus importante d'opérer efficacement dans le marché financier. De cette façon, le jeu d'interactions entre DPI et structures financières serait favorable à la survie des firmes, ce qui est une condition nécessaire à leur croissance. Ce jeu permettrait par ailleurs à certains acteurs de conserver le leadership et la domination du secteur (performance des grands acteurs). Les firmes intéressées par la construction d'un portefeuille de brevets voient leur capacité d'acquisition des technologies croître avec l'introduction en bourse de sociétés en croissance avec de nouvelles technologies protégées par des brevets. Les brevets seraient donc des actifs stratégiques qui réduiraient le risque de faillite et augmenteraient le risque de rachat. Les jeunes sociétés possédant des brevets sur des technologies clés sont des cibles attractives pour plusieurs types des sociétés, y compris celles qui souhaitent faire de l'utilisation stratégique des brevets. Ainsi, notre analyse permet d'étudier comment la forme prise par les institutions peut avoir un impact sur l'organisation du secteur ainsi que sur la performance de

³ La survie est définie comme une sortie de la cote (sortie du marché financier) à cause d'une faillite ou du rachat de la firme.

nombreuses firmes qui mobilisent les institutions comme des ressources au service de leurs stratégies (Coriat et Weinstein, 2002).

Sur la base de nos travaux, nous dégagons un certain nombre de résultats généraux concernant la complémentarité entre les DPI et la finance pour l'industrie du logiciel aux Etats-Unis et en Europe. Nous pouvons ainsi offrir une réponse empirique et analytique au problème politique posé par Reding qui était de savoir si l'Europe peut favoriser la dynamique de son industrie du logiciel et l'émergence des leaders mondiaux en imitant le modèle américain. La réponse est très mitigée :

- 1- Le dépôt des brevets semble favoriser le financement par les marchés des firmes logiciels. Dès lors, clarifier la législation en matière de brevetabilité en Europe est fondamental pour favoriser l'accès aux brevets aux firmes dont le *business model* s'y prête afin de faciliter leur financement par le capital-risque et leur introduction en bourse.
- 2- Le dépôt des brevets avant l'introduction en bourse semble être favorable à la survie des firmes européennes du logiciel sur les marchés financiers. De plus, les firmes du logiciel détenant des brevets sur des technologies clés (ou de qualité) sont des cibles plus attractives pour le rachat. Le brevet faciliterait l'identification des sociétés détentrices de technologies clés et serait lui-même un instrument qui attire les firmes qui utilisent le brevet stratégiquement.
- 3- L'imitation du modèle américain en ce qui concerne un accès plus favorable au brevet et une disponibilité plus importante de ressources financières par le marché de capital-risque et

l'introduction en bourse peut ainsi avoir des résultats contrastés en Europe : cette stratégie peut favoriser la croissance de certains acteurs européens (ceux qui adaptent leurs stratégies) et aussi cette transformation peut renforcer la domination américaine.

Partie 1

La complexité de l'industrie du logiciel et le rôle des institutions dans la structuration du secteur

Introduction de la première partie

A travers une large revue de la littérature cette première partie vise plusieurs objectifs : tout d'abord, dans un premier chapitre nous étudions les caractéristiques des biens informationnels ainsi que la complexité de la production et de l'innovation logicielle. Nous y mettons en évidence l'existence des deux modèles d'innovation largement opposés (le logiciel libre et le logiciel propriétaire). L'analyse des caractéristiques des biens logiciels nous permet de comprendre à la fois les différences de physionomie et de performances des industries américaines et européennes. Sur la base de ces caractéristiques, nous mettons en évidence la puissance des firmes américaines à l'international et leur fort positionnement sur les marchés européens. Par ailleurs, en utilisant plusieurs études sectorielles ainsi que les données sur le secteur « logiciels et services informatiques » de l'Organisation de Coopération et Développement Economique (OCDE), nous cherchons à positionner l'Europe dans le contexte international d'un secteur à priori largement dominé par les Etats-Unis. Nous constatons alors que la puissance américaine passe par sa capacité à contrôler le changement technologique de même qu'à faire émerger des acteurs leaders. A contrario, en Europe il y a une difficulté à faire croître les petites sociétés et ce problème est lié en partie au financement comme nous le montrons au chapitre 2.

Ainsi, dans un deuxième chapitre nous étudions le rôle de deux des institutions structurant l'industrie du logiciel : le droit de propriété intellectuelle (DPI) et les institutions financières (venture capital et marché financier). On met alors en évidence qu'il existe d'importantes différences dans la forme prise par ces institutions aux Etats-Unis et en Europe et que ces différences impactent la forme, la structure et la performance des industries du logiciel. On mobilise alors la notion de

complémentarité institutionnelle (CI) pour analyser l'organisation et les performances des firmes de l'industrie du logiciel ces dernières années. Plus précisément, la notion de complémentarité institutionnelle est utilisée en vue de comprendre l'effet conjoint des institutions sur les performances des firmes du secteur. Nous analysons le jeu d'interactions entre les DPI et les marchés financiers dans la consolidation d'une industrie très dynamique aux Etats-Unis (Coriat et Orsi, 2003) mais nous étudions aussi l'existence d'une certaine forme de complémentarité entre ces deux institutions en Europe. Le concept de CI permet alors de mieux expliquer l'importante diversité et la persistance des différences internationales dans l'industrie du logiciel. De même, le concept de CI nous permet de mieux comprendre que la forme spécifique d'une institution dans des espaces différents est conditionnée par l'architecture institutionnelle qui caractérise chaque système social : les complémentarités institutionnelles expliquent les différences de performances de certains acteurs au détriment de performances d'autres types d'acteurs. Ce processus renvoie de notre point de vue à un certain type de processus de sélection du système. Le point central de notre analyse des complémentarités institutionnelles réside dans les « croyances partagées » des acteurs sur la valeur du brevet qui expliquerait le comportement des investisseurs pour faire leur choix d'investissement et celui des responsables des stratégies technologiques des start-up pour différencier la firme et attirer de nouvelles ressources. L'analyse de cette croyance et du comportement des firmes et des investisseurs nous permet de comprendre comment ces deux institutions renforcent mutuellement leur efficacité et leur usage et comment les besoins de financement expliquent en partie le recours accru au brevet dans un secteur dans lequel il est très contesté. Ainsi, notre analyse nous permet d'articuler à l'approche en termes de complémentarités institutionnelles (composante plutôt macroéconomique) avec le rôle de croyances partagées entre les acteurs (composante plutôt microéconomique). Nous montrons que l'articulation de ces deux institutions (DPI et Finance) est permise par les « croyances partagées » des acteurs qui façonnent leurs comportements.

Chapitre 1

Les enjeux stratégiques de l'industrie du logiciel et sa complexité

Introduction du Chapitre

L'importance de l'industrie du logiciel en Europe et le retard semblant avoir été pris par rapport aux Etats-Unis ont mis en évidence la nécessité d'une stratégie visant à supporter l'industrie du logiciel. En 2007, la Commission Européenne par la voix de Mme Viviane Reding, commissaire de la société de l'information et des médias, a invité l'industrie à soumettre des idées concrètes pour aider à mettre au point (avec les différentes parties prenantes) une telle stratégie. Dans cette perspective, favoriser la réussite de l'innovation constitue le défi à relever des parties prenantes européennes (salariés, managers, financeurs, décideurs publics...). L'innovation est au centre des préoccupations étant données les caractéristiques propres du secteur et l'importance du logiciel dans le processus d'innovation d'autres industries.

L'objectif de ce chapitre est d'analyser les caractéristiques des biens logiciels ainsi que les différences de physionomie et de performances des industries américaines et européennes. Les Etats-Unis semblent dominer le secteur grâce à la puissance de leurs champions nationaux et à leur capacité à maîtriser la rapidité des changements technologiques du secteur. Au contraire, l'industrie européenne semble avoir pris du retard face à ses principaux concurrents dans une économie globalisée. En effet, rares sont les firmes fondées en Europe qui deviennent des leaders mondiaux malgré un excellent niveau de compétences et l'existence de centres de recherche de haut niveau (NESSI, 2008).

Nous étudions les particularités des biens logiciels et ses implications dans la définition de l'industrie. Nous mettons en évidence l'existence des deux modèles

d'innovation largement opposés (*Propriétaire* et *Open Source*) et l'importance des structures juridiques dans leur consolidation. Nous étudions les caractéristiques principales de la production et de l'innovation dans le secteur du logiciel afin de poser les bases nécessaires pour comprendre l'émergence de grands acteurs du secteur ainsi que les différences entre les Etats-Unis et l'Europe. Le rôle des principaux acteurs et leurs évolutions sont analysés via l'étude du gap technologique entre l'Europe et les Etats-Unis et l'analyse des forces et faiblesses (avérées ou non) de l'Europe.

Nous mobilisons ici une partie des données collectées pour l'analyse statistique du secteur « logiciels et services informatiques » réalisée dans le cadre du projet ICATSEM par Matthieu Bécue, Marie Coris et moi-même. Dans ce projet, l'un des objectifs qui rejoint l'intérêt de cette thèse, était de positionner l'Europe dans le contexte international d'un secteur a priori largement dominé par les Etats-Unis. Nous recourons également à plusieurs études sectorielles, lesquelles ont été élaborées par les différentes parties prenantes (industriels, scientifiques, associations, entre autres) afin de répondre à l'appel de la Commission Européenne pour élaborer une stratégie qui devrait dynamiser l'industrie du logiciel en Europe. Le but est de situer l'Europe vis-à-vis des Etats-Unis afin de cerner les opportunités ouvertes par les dotations institutionnelles européennes. La domination américaine est ainsi mise en évidence mais relativisée dans de nombreux domaines logiciels car l'Europe possède des atouts solides pour positionner son industrie. De plus, de multiples opportunités émergent dans le cadre d'une industrie qui est engagé dans un processus permanent de transformation. Il n'existe pas de domination américaine absolue étant données la diversité et l'hétérogénéité des firmes et des biens au sein de l'industrie du logiciel. De même, il est difficile voire impossible de mesurer la production et l'innovation dans des nombreux produits logiciels.

SECTION I Les caractéristiques des biens logiciels et la complexité de l'industrie

L'industrie du logiciel apparaît comme un secteur emblématique de la «nouvelle économie» ou économie de la connaissance. En Europe, le logiciel est considéré comme l'un des facteurs clés d'innovation, de compétitivité, de croissance durable, de prospérité et de création d'emplois qualifiés (Syntec Informatique, 2008). Afin d'analyser la manière dont on peut soutenir l'industrie européenne du logiciel, il convient de clarifier le champ sur lequel l'action politique doit être menée. Or, il est extrêmement difficile de cerner clairement le secteur du logiciel car les caractéristiques technologiques des biens logiciels rendent floues les frontières de l'industrie. Dans cette section, nous étudions les caractéristiques des biens logiciels et leurs implications dans la définition du secteur. Nous étudions également les particularités de l'innovation dans le secteur et l'importance des droits de propriété intellectuelle (DPI). En effet, la protection juridique occupe une place prépondérante dans la production et la diffusion des logiciels. Les DPI sont au cœur des deux modèles d'innovation qui caractérisent le secteur (Propriétaire et Open source). Ils sont donc au cœur de la définition du secteur. Ils apparaissent comme des structures juridiques qui influencent les rendements des investissements novateurs, les structures du marché et l'orientation de l'innovation. Nous nous intéressons donc à la production et l'innovation logicielle en tant que processus collectifs, cumulatifs et incertains. Le droit de propriété intellectuelle structure l'organisation de l'innovation logicielle en tant que processus cumulatif et collectif. Les DPI, s'adaptent aux stratégies des firmes et organisent le marché. Ils favorisent l'émergence des collaborations entre les acteurs et les innovations, réduisent l'incertitude, favorisent l'apparition d'acteurs dominants. Ils participent donc à la structure de pouvoirs entre les firmes.

1. Les caractéristiques des biens logiciels

Dans cette section, nous cernons le secteur du logiciel en étudiant les particularités du logiciel, sa diversité et son rôle au sein du système informatique⁴. Nous étudions également deux des particularités du logiciel qui font que les DPI sont au cœur des problématiques des firmes du secteur. En effet, les logiciels sont des technologies de réseau caractérisées par des rendements d'échelle croissants, des effets de réseaux et des coûts de changement élevés pour les consommateurs. Les logiciels sont par ailleurs considérés comme des biens publics pour lesquels les DPI jouent un rôle clé dans les incitations à la production et dans la diffusion technologique. Finalement, nous montrons l'importance du DPI dans les deux modèles d'innovation qui sont radicalement opposés et qui caractérisent l'innovation dans le secteur.

1.1 Les particularités des biens logiciels

Le logiciel est une réalisation complexe de nature immatérielle et intellectuelle à destination d'une machine (Dréan, 1996). Le logiciel a été considéré de ce fait comme un objet à la frontière entre le monde humain et le monde « machinique » car il permet de traduire les problèmes des acteurs humains dans le répertoire de la machine (Horn, 2004). Ainsi, l'objectif de cette sous-partie est d'apprécier le logiciel comme un objet « inséparable » des ressources matérielles (hardware) avec lesquelles il interagit afin de réaliser une tâche (1.1.1). Nous pouvons alors saisir que le logiciel n'est pas un bien homogène et envisager la diversité au sein du système informatique et de l'architecture logicielle (1.1.2).

⁴ Sur les particularités des logiciels au niveau technologique et économique, cette sous-section est basée principalement sur les travaux de Coris, 2004 ; Dream, 1996 ; Horn; 2004 ; Meyer et Lehnerd 2002; Shapiro et Varian, 1999 ; Zimmermann, 1998 ; 1999; 2003, entre autres.

1.1.1 La complémentarité entre logiciels et composants matériels

Un système informatique est un ensemble organisé de matériels et de logiciels conçus dans le but de réaliser des tâches permettant le traitement automatique de l'information. Au sein du système informatique, le logiciel désigne « l'ensemble des programmes destinés à effectuer un traitement sur un ordinateur ». Il peut être considéré comme une forme de résolution de problème, lequel est élaboré sur la base d'une modélisation des connaissances formalisées et tacites que l'on possède sur un environnement (Horn, 2004). Pour fonctionner, le logiciel a besoin d'un composant matériel avec lequel il sera continuellement en interaction. Ce composant matériel est appelé couramment matériel informatique (hardware).

Le logiciel a été défini aussi comme un *artefact cognitif* car des connaissances sont encastées (embedded) dans un support physique appropriable, reproductible et transportable indépendamment des agents humains (Horn, 2004). De cette façon, le logiciel permet d'intégrer des connaissances, de décrire des procédures et de les exécuter (Brousseau, 1993). Le logiciel est donc un *texte numérique actif* écrit en code-source (langage de programmation), lequel est transformé en code-objet (suite d'instructions en langage machine) par un compilateur ou intercepteur afin de pouvoir être exécuté automatiquement par une machine. Par conséquent, la différence entre code-source et code-objet est fondamentale dans l'économie du logiciel. En raison des DPI, les utilisateurs ont généralement accès au code-objet lequel n'autorise pas de modifier le programme. Au contraire, l'accès au code-source permet les modifications dans les fonctionnalités d'un programme. Cependant, il existe aussi des logiciels libres dans lesquels le code source est librement accessible, modifiable et redistribuable. Nous reviendrons plus loin sur ce type de logiciels.

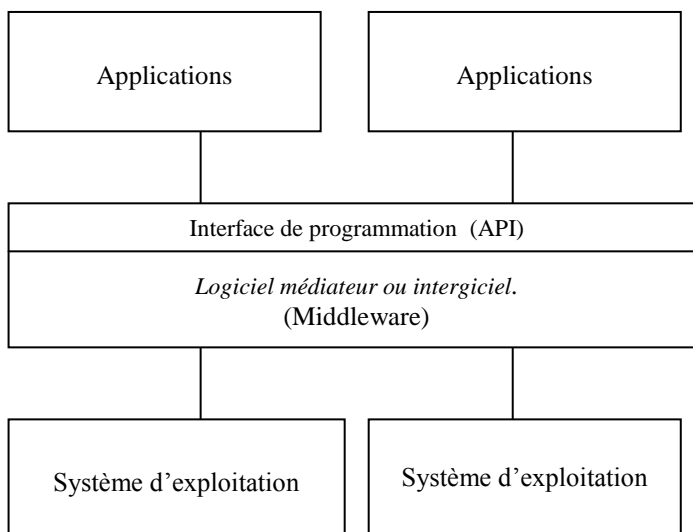
Comme le remarque Coris (2004), la séparabilité des logiciels et des composantes matérielles n'est que relative car les logiciels doivent être conçus en vue d'exploiter des ressources matérielles et, en même temps, ces dernières ne sont utiles qu'en fonction du traitement de l'information qu'elles permettent d'exécuter. Le logiciel est donc complémentaire du matériel (*hardware*) sans lequel il ne serait

qu'un ensemble d'instructions qui ne pourraient être exécutées par une machine. Les évolutions du matériel ouvrent de nouvelles opportunités et influencent les développements des logiciels. La forte complémentarité entre logiciels et composants matériels est une caractéristique qui rend difficile l'identification du secteur. On doit alors s'intéresser à l'hétérogénéité du logiciel, à la complexité de l'architecture logicielle et à ses implications dans la définition du secteur.

1.1.2 Les éléments de base de l'architecture logicielle

Le logiciel n'est pas un produit homogène, au contraire il existe une multiplicité de biens et de services qui peuvent être classés par leurs fonctions et leurs relations dans l'architecture du système. La Figure 1 présente les trois principales couches qui structurent l'architecture logicielle: les systèmes d'exploitation, les logiciels médiateurs (*middelware*) et les applications.

Figure 1. L'architecture logicielle



Source: Bernstein (1996)

Le système d'exploitation est un logiciel intermédiaire entre les logiciels d'application et le matériel. Le système d'exploitation est un ensemble de programmes qui permet aux logiciels applicatifs d'utiliser les capacités de stockage (mémoire et disque dur) et de calcul (processeur) de la machine. Le système

d'exploitation est une interface de communication entre les utilisateurs, les différents logiciels et le matériel. Le système d'exploitation offre de nombreux services qui facilitent la gestion, la création et l'exploitation des logiciels applicatifs. Le système d'exploitation permet d'exécuter des programmes, de manipuler des fichiers, de lire et d'écrire des informations, d'utiliser des périphériques, de détecter des erreurs, etc.

Il existe plusieurs types de systèmes d'exploitation. Cependant, deux familles de systèmes d'exploitation détiennent un quasi-monopole sur les ordinateurs personnels : la famille Unix (dont Mac OS X, Linux, iOS et Android) et la famille Windows. Le Tableau ci-dessous montre les parts de marché des systèmes d'exploitation aux Etats-Unis et en Europe selon Stat Counter-GlobalStats en 2012.

Tableau 1. Le système d'exploitation sur PC aux Etats-Unis et en Europe en 2012

	Europe	Etats-Unis
WinXP	43.99	36.00
Win7	27.96	25.33
WinVista	19.43	21.97
MacOSX	5.86	13.52
Linux	1.19	1.12
iOS	0.56	0.73
Win2003	0.36	0.37
Win2000	0.27	0.31
Android	0.04	0.05
Win98	0.04	0.04
WinME	0.02	0.03
Other	0.28	0.43

Source: Stat Counter, GlobalStats (2012).

Les logiciels médiateurs (*middelware*) sont des logiciels intermédiaires entre le système d'exploitation et les applications. Ce type de logiciel, crée un réseau d'échange d'informations entre les différentes applications. Les logiciels médiateurs permettent aux applications d'interagir, d'être indépendantes entre elles, d'être fiables et d'être disponibles, entre autres (Schreiber, 1995).

Les logiciels d'applications permettent la réalisation d'une ou plusieurs tâches ou fonctions. Les logiciels d'applications peuvent avoir des fonctions très spécifiques (*applications verticales*) ou diversifiées (*applications horizontales*) (Quasney et al.,

2011). Ils permettent d'effectuer des tâches personnelles (la manipulation d'images et de vidéos, jeux vidéo, etc.) ou de travail (traitement de texte, tableur, bureautique, gestion de production, gestion de projet).

Du point de vue de leur architecture, les logiciels sont souvent classés comme appartenant à une de ces trois catégories basiques (GFII, 2007; Lippoldt et Stryszowski, 2009). Une quatrième catégorie peut être envisagée, elle est appelée logiciel embarqué (ou enfoui). Ce type de logiciel fait référence aux logiciels qui sont «encastés » en permanence dans le matériel. Le logiciel embarqué fait toujours partie du produit matériel dans lequel il réside et il doit par conséquent être extrêmement fiable. Aujourd'hui, les logiciels embarqués sont omniprésents car ils font partis d'une multitude de produits électroniques dans plusieurs industries : l'électronique grand public, l'automobile, la robotique, la téléphonie, les télécommunications, etc.

1.2 La complexité technologique du logiciel

Dans cette sous-section, l'objectif est d'examiner deux des particularités du logiciel qui font que les DPI sont au cœur des problématiques des firmes du secteur. Nous étudions ainsi les logiciels en tant que technologies de réseau caractérisées par des rendements d'échelle croissants, des effets de réseaux et des coûts de changement élevés pour les consommateurs (1.2.1). Nous étudions également les logiciels en tant que biens publics et la place importante qu'occupe le DPI dans l'interdiction de l'usage sans autorisation (1.2.2). Finalement, nous montrons l'importance du DPI dans les deux modèles d'innovation qui sont radicalement opposés et qui caractérisent l'innovation dans le secteur (1.2.3).

1.2.1 Le logiciel en tant que technologie de réseau

Les industries de l'information se distinguent des industries traditionnelles par des rendements d'échelle croissants, des effets de réseaux et des coûts de changement élevés pour les consommateurs (Shapiro et Varian, 1999). Les

rendements d'échelle sont croissants car les coûts fixes sont très importants tandis que les coûts variables tendent vers zéro. Dans ce contexte, plus le volume produit par la firme est important, plus son coût par unité produite diminue. Ainsi, le coût d'élaboration d'un logiciel est potentiellement très élevé et indépendant du nombre d'unités qui seront vendues. En revanche, le coût de reproduction du logiciel est quasi nul. Cette structure particulière des coûts favorise l'émergence des firmes produisant des volumes importants. Selon Liebowitz et Margolis (1999) la structure des coûts de production du logiciel justifie en partie, l'alternance de monopoles temporaires sur certains segments de marché.

Les firmes appartenant à ce secteur bénéficient d'effets de réseaux. Si la valeur d'un produit dépend du nombre d'utilisateurs, il existe des externalités de réseau (ou effets de réseau). Ce type d'externalité explique que les logiciels ou les matériaux ayant le plus de succès bénéficient d'un avantage concurrentiel toujours plus grand par rapport à leurs concurrents. Les externalités de réseaux sont une forme particulière des rendements croissants d'adoption. Ils expliquent le fait que l'utilité d'un produit acquis par un consommateur sera plus grande pour un (n)ième utilisateur que pour un (n-1)ième. Cette caractéristique particulière des biens informationnels peut aboutir à l'adoption d'une technologie (standard) qui n'est pas nécessairement la meilleure en termes absolus. Il y aurait donc d'autres technologies possibles, de « meilleure qualité » qui ne seraient pas retenues. (David et Foray, 1994. Durand et Quelin, 1999).

Arthur (1989) montre que les rendements croissants d'adoption sont à l'origine de phénomènes d'auto-renforcement et de dépendance au sentier. En effet, en présence de deux technologies concurrentes, les choix des premiers consommateurs influent sur les choix des futurs utilisateurs car ils vont déterminer l'accroissement des rendements associés à la technologie. Finalement, les coûts de changement pour une firme ou un particulier sont les coûts de passage d'un standard à un autre. Ils indiquent dans quelle mesure un client est « prisonnier » d'un fournisseur donné. Ils engendrent des risques de verrouillage qui contraignent les options stratégiques des firmes. Les caractéristiques technologiques du secteur influencent donc

naturellement l'organisation des firmes. La présence conjointe des rendements croissants et des effets de réseau favorise l'émergence des firmes de très grande taille. Les coûts de changement et l'obligation d'atteindre une taille critique encouragent les fusions-acquisitions.

La littérature a mis en évidence le processus selon lequel les rendements croissants d'adoption ont leur origine dans des sources telles que l'apprentissage par l'usage, les externalités de réseau, les économies d'échelle, les rendements croissants d'information et leurs interactions technologiques. Dans les secteurs de l'information, ces caractéristiques vont mettre en évidence le caractère irréversible du standard finalement choisi. Arthur (1989) démontre que la diffusion technologique est un processus dynamique qui fonctionne comme un mécanisme de « self-reinforcing » dont le moteur réside dans l'action même d'adopter (Foray, 1989). La figure ci-dessous synthétise les principales sources des rendements croissants d'adoption.

Figure 2. Les sources des rendements croissants d'adoption (RCA) sur la base de Foray (1989)

Apprentissage par l'usage	« Plus la technologie A est adoptée, plus important sera l'apprentissage associé à son utilisation, plus elle deviendra performante »
Les externalités de réseau	« Plus A est adoptée, plus son utilité augmentera pour l'utilisateur grâce aux simples effets de l'élargissement de la communauté des utilisateurs ».
Les rendements croissants d'information	« Plus une technologie est adoptée, plus elle sera connue, moins l'aversion au risque constituera un facteur de blocage à sa diffusion ».
Les économies	« Plus A est adoptée, plus les éléments matériels qui la constituent

d'échelle de production	seront fabriqués en grandes séries ; (on retrouve ici la nécessité d'intégrer une fonction d'offre au modèle standard de diffusion) »
Les interrelations technologiques	« Plus A est adoptée, plus nombreuses seront les technologies affluentes qui viendront structurer son environnement technique, concourant par là-même à la rendre plus attractive ».

Source : Foray(1989)

En présence des RCA, le processus de compétition possède quatre grandes propriétés, dont Foray (1989) et Coris (2004) offrent une présentation synthétique : la première propriété est la non-prédictibilité au sens où l'issue de la compétition ne peut être prédite sur la base des informations disponibles sur les technologies concurrentes au tout début du processus. Coris (2004) remarque qu'aucun critère de qualité intrinsèque des technologies n'est pris en compte, ce qui implique la seconde propriété. La deuxième propriété est « la possible inefficience » du standard choisi. Cela signifie que l'on encourt le risque d'une sélection non-pertinente qui peut être le résultat de « petits événements historiques », qui décident au départ de la localisation du progrès technique. Une technologie moins efficiente (l'efficience étant mesurée en termes de bien-être social) qu'une autre peut être sélectionnée parce qu'elle a gagné davantage d'adhérents au moment de son émergence. La troisième propriété est le processus de « *path-dependence* » dans lequel le résultat final de la compétition est déterminé par la « préhistoire » de la compétition. De ce fait, les « petits événements historiques » dans le début du processus peuvent aboutir à l'adoption générale d'une des technologies en compétition. Finalement, la quatrième propriété est l'irréversibilité. C'est-à-dire, qu'à un moment donné, la tendance à la domination d'une des deux technologies (même si elle est inefficace) n'est plus susceptible d'être remise en cause (« lock-in »). Par conséquent, on parle de verrouillage lorsque les agents ayant une préférence naturelle pour une certaine technologie sont contraints d'adopter la technologie dominante.

Les technologies logicielles en tant que technologies de réseau sont confrontées ou favorisées par les RCA. De cette façon, les firmes leaders (ou « pionnières ») dans certaines technologies ou marchés bénéficient du verrouillage technologique. De

plus, elles vont chercher à augmenter les coûts de changement de standard à travers la propriété intellectuelle ce qui favorise l'irréversibilité du verrouillage.

1.2.2 Les enjeux associés au couple diffusion/exclusion du logiciel

Les logiciels possèdent des caractéristiques proches de celles des biens collectifs ou des biens publics (Horn, 2004). En effet, ils sont « *indivisibles* » car les coûts de production sont quasi-indépendants du nombre d'unités produites donc du nombre d'utilisateurs. Ils constituent par ailleurs un bien « *non-rival* » car il n'y a pas de destruction dans l'usage (un logiciel peut être utilisé par un nombre infini d'utilisateurs). Le logiciel est aussi un bien « *non-exclusif* » car il est impossible d'exclure de l'usage un utilisateur. De ce fait, comme le remarquent Horn (2004) et Coris (2004), la production marchande des logiciels (la production par les firmes: généralement éditrices de progiciels) multiplie les tentatives de restreindre le caractère du bien public des logiciels en agissant sur la « *non-exclusivité* » ou l'inappropriabilité à travers plusieurs moyens :

- 1- Transformer le logiciel en un bien tangible en gravant le programme dans le silicium sous forme d'un composant électronique.
- 2- Le rajout d'un dispositif technique afin d'empêcher la copie du progiciel.
- 3- La protection juridique des logiciels généralement à travers des brevets et copyrights

Les deux premiers moyens sont plutôt techniques et ont comme résultat de rendre les programmes peu compétitifs voire moins efficaces. Ces moyens privent très souvent les logiciels de leur facilité à évoluer pour corriger leurs éventuels défauts, introduire des améliorations ou de nouvelles fonctionnalités. C'est pourquoi, c'est surtout sur le terrain juridique, à travers les droits de propriété intellectuelle et la lutte contre le « *piratage* » que les principaux groupes de production de logiciels cherchent à garantir « l'appropriabilité » et le contrôle technologique du logiciel. La protection juridique renforcée pose problème car elle a comme but d'interdire

l'utilisation d'un logiciel si la licence n'a pas été achetée. Elle pose aussi des problèmes aux producteurs de logiciels car elle cherche à leur interdire toute reproduction du logiciel (ou des parties de leur *code-source*) sans autorisation par la loi ou contrat de licence. En pratique, sont considérés comme des contrefaçons l'exploitation du logiciel au-delà de la durée de la licence, l'installation non autorisée du logiciel sur un poste informatique, la reproduction du logiciel à des fins de revente, la mise en téléchargement non autorisée sur Internet d'un logiciel, la mise à disposition non autorisée d'un logiciel sur un réseau de peer-to-peer, l'effacement des informations légales accompagnant la licence du logiciel, la copie du code source ou la réutilisation du code source dans le but de créer un nouveau logiciel, etc.

1.2.3 Structures juridiques et modèles d'innovation

Le développement de l'industrie du logiciel et des régimes de propriété intellectuelle aux États-Unis, en Europe occidentale et au Japon s'apparentent à une coévolution, impliquant causalité circulaire et influence mutuelle (Nelson, 1995). Dans l'industrie du logiciel, le droit de propriété intellectuelle (DPI) apparaît comme une structure juridique qui influence fortement les rendements des investissements novateurs, les structures de marché (Graham et Mowery, 2003), ainsi que l'orientation de l'innovation (Moser, 2005).

Le développement de l'industrie du logiciel a été accompagné par l'émergence de plusieurs innovations institutionnelles telles que les différents types de protection (copyright, copyleft, brevets logiciels et autres...) qui permettent d'avoir un régime modulable qui encourage les entreprises à mettre en place des stratégies et des modèles d'affaires différents. La flexibilité dans les structures de propriété intellectuelle a été possible car l'industrie n'a pas réglé complètement l'incertitude liée au type de propriété intellectuelle qui est le mieux adapté aux éléments spécifiques des logiciels (Foray et Zimmermann; 2001).

En effet, l'industrie du logiciel est caractérisée par la présence de deux modèles d'innovation radicalement opposés mais qui ne sont pas spécifiques à la

firme car une entreprise peut les combiner en fonction de ses besoins. D'une part, le *modèle propriétaire* qui cherche à protéger certains aspects du code source de l'entreprise en s'appuyant sur des brevets forts et la protection du droit d'auteur (copyright). Ce modèle favorise la capture des retombées monétaires accompagnant l'innovation réussie. Les entreprises peuvent choisir de licencier une technologie ou la rendre disponible pour les développeurs extérieurs dans l'intérêt de promouvoir le développement d'un écosystème dans un domaine technologique, l'interopérabilité, ou une approche commune à un défi technique particulier (Lippoldt et Stryszowski, 2009).

D'autre part, le *modèle Open Source (OSS)*, est considéré comme un modèle d'innovation, d'accumulation et de recombinaison des connaissances (Foray et Zimmermann, 2001). Il apparaît comme une alternative aux logiciels propriétaires (Coris, 2004). Cette alternative utilise une innovation institutionnelle appelée General Public License (GPL) qui permet à l'utilisateur d'avoir accès à des droits illimités en vue de copier, modifier et redistribuer un produit OSS si la version modifiée est protégée par la même licence GPL. Dans le modèle Open Source (OSS), l'innovation est favorisée lorsque plusieurs développeurs ont accès au code source de base. Les développeurs coopèrent dans le but de profiter des connaissances et des compétences de leurs pairs, en s'appuyant souvent sur une base mondiale de développeurs. Une entreprise profite du fait qu'elle laisse l'accès de sa propriété intellectuelle aux utilisateurs, ce qui lui permet de gagner des inputs précieux qu'elle aurait eu à produire elle-même sans cela.

Finalement, les modèles hybrides, dans lesquels les stratégies ouvertes et les stratégies propriétaires sont intégrées par les firmes, protègent certaines parties de logiciels alors que d'autres parties sont laissées ouvertes. Des licences hybrides sont ainsi nées, visant à concilier le développement coopératif et les intérêts privés au sein du mouvement OSS. Il existe une multiplicité de modèles qui traduisent une variété de situations et de stratégies particulières, qui ne peuvent s'intégrer dans aucun régime universel. Ils correspondent à des positionnements divers qui associent la logique du copyright à celle du copyleft dans des proportions différentes (Smets et

Faucon, 1999). En pratique, de nombreuses firmes du logiciel offrent une combinaison de plusieurs types de licences pour des raisons stratégiques. Par exemple, Microsoft offre des produits variés avec des logiciels propriétaires, des logiciels gratuits ou des logiciels libres. Red Hat offre des applications propriétaires qui opèrent sur la base de Linux. En ce domaine, les stratégies peuvent être variées : offrir le code et vendre la documentation de support (*Bookware*), offrir le code et vendre des services à travers Internet, la publicité ou des abonnements (*Software as service*), etc.

2. La complexité et la diversité des industries du logiciel

Le logiciel est une technologie complexe qui peut être associée à une réalisation de nature immatérielle et intellectuelle. Dans cette deuxième sous-partie, nous étudions la complexité des biens logiciels et la difficulté à cerner le secteur à travers l'analyse de la production et du développement de logiciels. La production et l'innovation de logiciels sont des processus collectifs, cumulatifs et incertains. Les biens logiciels se distinguent des industries traditionnelles dans la mesure où, dans de nombreux produits, le cycle de vie est relativement court. Le rythme de développement des produits s'est accéléré avec la transformation des méthodes de production de logiciels et la coévolution des droits de propriété intellectuelle. Ces coévolutions ont structuré une organisation scientifique du travail favorable aux interactions entre développeurs et utilisateurs. Nous étudions également la diversité des intervenants dans l'industrie, l'hétérogénéité dans la distribution de la taille des firmes et les asymétries de pouvoir entre elles.

2.1 La complexité de la production et de l'innovation logicielle

Au cours de son élaboration, le logiciel apparaît comme une technologie difficile à appréhender. Nous analysons la complexité du logiciel et de son industrie en observant les principales caractéristiques de l'innovation logicielle en tant que processus cumulatif et collectif (2.1.1). Il convient ensuite, d'étudier l'incertitude autour de la production et de l'innovation de logiciels. L'incertitude est appréhendée

sous différentes formes qui ont des implications particulières dans le secteur : *l'incertitude technologique, l'incertitude du marché et l'incertitude concurrentielle* (2.1.2). Enfin, nous étudions d'autres caractéristiques des biens logiciels telles que : le rythme important de l'innovation et la durée limitée du cycle de vie de nombreux produits logiciels (2.1.3). Tous ces éléments nous permettent de mieux appréhender la complexité de l'industrie du logiciel. Nous mettons ainsi en évidence l'importance des DPI et du financement dans la production et l'innovation des firmes du logiciel.

2.1.1 L'innovation logicielle: un processus cumulatif et collectif

L'innovation dans le secteur logiciel est avant tout un processus fortement cumulatif et collectif. En tant que processus cumulatif, les innovations logicielles reposent sur l'amélioration continue de techniques ou de produits existants. L'activité innovatrice est donc dépendante des compétences déjà accumulées. La cumulativité avantage les firmes établies et pénalise les nouveaux arrivants, ce qui favorise la concentration des structures du secteur (Moati, 2008). Bessen et Maskin (2009) considèrent l'innovation logicielle comme un processus *séquentiel* et *complémentaire*. L'innovation est *séquentielle* car chaque nouvelle invention est construite sur la base d'inventions précédentes. L'innovation est aussi *complémentaire* car la modélisation d'un problème ou d'une fonction peut prendre plusieurs formes et peut être élaborée de plusieurs façons ou selon plusieurs approches. De cette façon, chaque potentiel innovateur peut retenir une approche différente dans le but de résoudre un problème. L'hétérogénéité technologique du secteur et la nature complexe du fonctionnement des logiciels ont favorisé les approches collaboratives pour développer de nouvelles fonctionnalités et améliorer celles qui sont interopérables. Le «développement logiciel» prend souvent la forme d'un processus à stades multiples (« multi-stage ») construit sur la base d'inventions précédentes ce qui dynamise le rythme d'innovation.

L'innovation logicielle est aussi un processus collectif car les innovations ne se font pas de manière isolée. Au niveau organisationnel, le développement logiciel est une activité intensive en connaissances qui est purement intellectuelle et dans

laquelle les principaux atouts sont les compétences et l'expertise des informaticiens (développeurs des logiciels). Le travail des programmeurs est donc essentiel car ils doivent se mettre d'accord (processus collectif) en vue de rédiger le code source et modéliser un problème afin d'apporter une voie technique pour le résoudre. Au niveau de la firme, les innovations sont le résultat de processus complexes et d'interactions des firmes avec leurs fournisseurs, leurs clients, leurs concurrents, etc. La diversité des logiciels oblige les développeurs et les firmes à chercher des solutions et des ressources externes afin de réussir à développer le logiciel. Les approches ouvertes ou collaboratives sont souvent utilisées pour renforcer le processus d'innovation avec des connaissances ou des capacités développées dans l'environnement externe. L'innovation ouverte s'appuie généralement sur 3 piliers : i) l'intégration de connaissances externes développées par les clients, les fournisseurs, les concurrents, les universités et les organismes de recherche. ii) la commercialisation des idées à travers la vente, la licence et l'échange des Droits de Propriété Intellectuelle afin de développer de nouvelles technologies iii) le travail collaboratif afin de réduire le risque et de profiter des économies d'échelle et des compétences externes (Chesbrough, 2003 ; Chesbrough *et al.*, 2006).

Les droits de propriété intellectuelle structurent l'organisation de l'innovation logicielle en tant que processus cumulatif et collectif. Les DPI, dans le secteur du logiciel, sous leurs différentes formes - forte (brevet), moins forte (le copyright), souple (licence libre) ou hybride -, s'adaptent aux stratégies des firmes et organisent le marché. Ils favorisent l'émergence de collaborations entre les acteurs et les innovations, réduisent l'incertitude et favorisent l'apparition d'acteurs dominants. Ils participent donc à la structure de pouvoirs entre les firmes.

2.1.2 L'incertitude du développement logiciel

L'activité productive et innovatrice des firmes du secteur du logiciel est confrontée à une forte incertitude. L'incertitude du processus d'innovation découle de sa nature intertemporelle. En effet, l'horizon temporel de la production et de l'innovation est souvent long (depuis la recherche jusqu'au retour sur l'investissement). Dans cet intervalle, les variations dans l'environnement

réglementaire, concurrentiel, technologique ou macroéconomique peuvent affecter le processus productif ainsi que le succès d'une innovation et par conséquent la pérennité des firmes.

Selon Lazonick (2003 ; 2008) les firmes innovantes sont confrontées à trois types d'incertitudes: *l'incertitude technologique, l'incertitude du marché et l'incertitude concurrentielle*. Dans le secteur du logiciel, ces formes d'incertitude sont particulièrement fortes étant données les caractéristiques des biens logiciels. *L'incertitude technologique* désigne le caractère imprévisible du développement logiciel à chaque étape de son élaboration. Le développement logiciel est un processus coûteux qui peut être résumé en 7 étapes selon Yilmaz et Chatterjee (1997) et Coris (2004) : i) l'analyse : étude de faisabilité ou de marché, ii) la spécification: description du futur système et spécification du cahier des charges, iii) la conception: identification et formalisation de l'architecture ; description détaillée de la manière selon laquelle le cahier des charges (fonctionnalités et objectifs) va être réalisé, iv) la programmation: écriture du programme-codage, v) les tests de détection des erreurs dans le programme de façon itérative, vi) l'intégration du programme et vii) la maintenance: maintenance corrective (correction des erreurs lors de l'utilisation) et évolutive (amélioration et ajout de fonctionnalités).

Ce processus qui semble en apparence long est, dans de nombreux domaines et produits logiciels (principalement des biens grand public), un processus qui se doit d'être très court car le changement technologique rapide peut rendre certaines technologies obsolètes par rapport aux technologies émergentes.

L'incertitude du marché désigne la difficulté à anticiper et à assurer les débouchés commerciaux. Ce type d'incertitude est particulièrement fort pour plusieurs raisons : le changement technologique rapide, le verrouillage des utilisateurs, l'apparition permanente de nouveaux concurrents et l'existence de coûts irrécupérables et des coûts de reproduction d'un logiciel proches de zéro. Le développement d'un logiciel est un processus coûteux et complexe dont le résultat est souvent « insatisfaisant » (Horn, 2004).

L'incertitude concurrentielle désigne le caractère imprévisible de la concurrence. Dans les biens logiciels, la structure des gains sur le marché de produits innovants est particulièrement asymétrique, avec des gains élevés pour les élus et des pertes considérables pour les autres. D'après Guellec (1999), ce type de structure est appelé *winner take all* (« le vainqueur gagne tout»), puisque l'innovation prendrait une position de monopole sur le marché.

De plus, avec l'informatisation croissante de nos sociétés, on peut constater que la taille et la complexité des programmes ont augmenté et par conséquent, la longueur et la complexité du développement des logiciels également. Ces derniers éléments sont aussi corrélés avec la fiabilité des programmes, la productivité des informaticiens et le niveau de satisfaction des utilisateurs. L'insatisfaction des utilisateurs découle de la fiabilité du logiciel et de l'impossibilité des informaticiens à anticiper leurs besoins (Horn, 2004). La production des logiciels a donc besoin de mécanismes permettant de réduire la complexité dans les développements logiciels favorisant aussi la productivité des informaticiens et la fiabilité des logiciels. Le développement logiciel a par ailleurs besoin d'un soutien financier régulier afin de réduire le risque d'échec et de favoriser l'émergence et l'évolution de nouveaux produits. La réussite du développement logiciel nécessite un support financier régulier permettant d'aboutir au processus de création du logiciel. Ensuite, le logiciel doit être installé et corrigé obligeant ainsi le logiciel à évoluer tout au long de son cycle de vie. Chaque étape du développement est confrontée à des risques d'échec et de non financement.

2.1.3 Un rythme soutenu d'innovation et une durée limitée du cycle de vie du produit

Les logiciels et le matériel informatique sont caractérisés par un rythme d'innovation rapide. Les biens logiciels se distinguent des industries traditionnelles, car, dans de nombreux produits logiciels, le cycle de vie est très court. Par exemple, on observe régulièrement, l'apparition de nouvelles versions d'applications et de

systèmes d'exploitation. Selon Harter *et al.*, (2000), l'accessibilité, la cumulativité et l'interopérabilité de nombreux biens logiciels favorisent le transfert, la réutilisation et la modification du code source et par conséquent une accélération du rythme de l'innovation et une réduction de cycle de vie de nombreux produits.

Le rythme de développement des produits s'est accéléré avec la transformation des méthodes de production de logiciels. D'après Horn (2004), dans les années 60, la production de logiciels était de type artisanal car il n'y avait pas vraiment de méthode de production formalisée. Les interactions entre développeurs et utilisateurs se limitaient à la définition des besoins du logiciel (en amont) et à la validation du produit (en aval). L'émergence des méthodes itératives (caractérisées par des interactions plus fréquentes entre concepteurs et utilisateurs) a favorisé l'organisation scientifique du travail, le processus de production du logiciel et le résultat final. Par la suite, l'apparition des méthodes évolutives amène un changement important dans l'élaboration de logiciels. Cette dernière est caractérisée par un développement rapide d'une première version (prototype) aux fonctionnalités limitées qui va ensuite évoluer. On constate que les méthodes de production ont co-évolué avec le régime de droit de propriété intellectuelle. Cette co-évolution a donc favorisé une organisation scientifique du travail qui s'avère être favorable aux interactions entre développeurs et utilisateurs.

Concernant l'évolution de la programmation, Horn (2004) distingue 4 transformations majeures : la première, appelée *programmation structurée* apparaît dans les années 1970 et concerne la mise en avant de la structure du programme car le code source du programme est exposé. La deuxième est *la programmation modulaire* qui est caractérisée par la découpe d'un programme en une arborescence hiérarchisée de multiples modules et sous modules. La troisième transformation est *la programmation orientée objet*, celle-ci étant définie par l'intégration des données et des fonctions de traitement dans des catégories appelées classes. Ce type de programmation favorise la gestion de la complexité des systèmes, facilite la réutilisation des composants logiciels développés auparavant et accélère le développement des applications. Finalement, la quatrième évolution est la conception

du «*logiciel modulaire*» qui a pour but de reproduire les avantages de la *programmation orientée objet* en les rendant accessibles aux utilisateurs et aux programmeurs. De cette façon, l'objectif est de développer des éléments ou des fonctionnalités modulaires qui seront accessibles aux utilisateurs (généralement à travers le téléchargement) et pourront être utilisés sur des matériels partageant des interfaces standards.

2.2 L'hétérogénéité des intervenants dans l'industrie

Les caractéristiques technologiques des biens logiciels évoquées précédemment rendent l'identification du secteur du logiciel extrêmement difficile. Le secteur du logiciel en tant que bien d'information est considéré comme une «cible mouvante» (OCDE, 2006). Il est difficile de définir et d'observer un secteur en perpétuelle transformation. Cette transformation est liée au changement technologique rapide, à la diversité des intervenants, à un marché international très dynamique et à l'émergence continue de nouveaux produits et services. Le logiciel est une technologie complexe qui tend à être omniprésente dans l'économie. Dans cette sous-section, nous étudions la difficulté à cerner le secteur du logiciel à travers les caractéristiques de ces intervenants. Nous mettons d'abord en évidence la diversité des intervenants au niveau de l'offre (2.2.1). Nous précisons ensuite cette diversité des acteurs en nous concentrant sur leur taille et leur pouvoir (2.2.2). Enfin, la difficulté à identifier le secteur est analysée en observant la convergence du secteur avec d'autres technologies qui rend l'établissement de frontières problématique (2.2.3).

2.2.1 La diversité des intervenants au niveau de l'offre

L'industrie du logiciel est caractérisée par une grande diversité d'intervenants reflétant les différents types de logiciels et d'utilisateurs. Il existe donc une multiplicité d'acteurs tels que les éditeurs de logiciels standards et sur mesure, les Sociétés des Services en Ingénierie Informatique (SSII) ainsi que les nouveaux

arrivants tels que les spécialistes du conseil, les sociétés d'Internet, les opérateurs des télécommunications et les constructeurs informatiques (Figure 3 ci-dessous). Ces derniers, offrent de plus en plus de services informatiques et sont aussi d'importants producteurs de logiciels embarqués. D'après Parker et Grimm (2000) et Grimm *et al.*, (2002), une part non négligeable des logiciels produits est développée par les différents utilisateurs pour leurs propres besoins. Ces logiciels sont sur mesure et ne sont pas adaptés pour d'autres utilisateurs. Cette importante diversité d'acteurs est le reflet des multiples opportunités offertes par la croissance exponentielle de l'informatique ces dernières années ainsi que du fort changement technologique. La multiplication des opportunités, le changement technologique rapide et les caractéristiques techniques des biens logiciels ne permettent pas une identification claire des secteurs et des métiers des acteurs. Les éditeurs de logiciels offrent très souvent des services informatiques. Les SSII et les firmes d'Internet développent leurs propres logiciels, voire leurs propres systèmes d'exploitation tels Android de Google. Les sociétés informatiques s'adressent alors à différents publics avertis et non-avertis en fonction du produit ou du service proposé.

Figure 3. La diversité des intervenants dans l'offre

Intervenants traditionnels	Nouveaux intervenants
<p>Les Editeurs génériques Activité principale : la conception, la réalisation et la fabrication des logiciels standards (ex : SAP, Microsoft)</p>	<p>Les constructeurs Ils élargissent progressivement leurs champs des compétences intervenant principalement le développement et les services (ex. IBM, HP)</p>
<p>Développement sur mesure Activité principale : développement des logiciels sur mesure d'après un cahier des charges précis (ex : SAP, Microsoft)</p>	<p>Les opérateurs de télécommunications Ils proposent également plusieurs types produits logiciels et des services aux entreprises mais aussi aux particuliers.</p>
<p>Les SSII Activité principale : les services tels que le développement, le conseil et la maintenance.</p>	<p>Les spécialistes du conseil Leur offre des services du conseil (en management, organisation, qualité, etc) est accompagnée de plusieurs types de produits et de services logiciels.</p>
	<p>Firmes d'Internet Ils offrent des logiciels et des services dans des marchés très spécialisés, souvent très rentables et avec des modèles productifs complexes. Ex : Google.</p>

Source : Auteur.

2.2.2 L'hétérogénéité en termes de taille et d'asymétrie de pouvoir des acteurs

Dans le secteur du logiciel, il existe une multiplicité de petites structures mais également des acteurs de grande taille. Ces derniers concentrent une partie très importante des revenus du secteur. Depuis Schumpeter (1942), le débat économique a cherché à comprendre l'importance de la grande société en tant que principal moteur du progrès technologique. La littérature a avancé plusieurs raisons qui pourraient justifier l'argument de Reding en 2008 sur le besoin d'avoir des firmes de logiciel de grande taille en Europe. Les projets de R&D longs et coûteux peuvent être mieux supportés par des firmes de grande taille (Cohen, 1995; Cohen et Keppeler, 1996; Mowery et Rosenberg, 1989). Les grandes firmes peuvent par ailleurs entreprendre de nombreux projets de manière parallèle et donc diversifier les risques (Henderson et Cockburn, 1993). Elles ont un accès privilégié aux ressources nécessaires au processus d'innovation (des financements, des employés qualifiés, etc). Elles peuvent profiter plus facilement des économies d'échelle et de gamme. Les grandes sociétés possèdent de nombreux avantages compétitifs vis-à-vis des petites sociétés. D'après Horn (2004), elles peuvent s'adresser plus facilement et d'égal à égal à des entreprises clientes de grande taille et de plus en plus internationalisées. Elles ont aussi généralement une plus grande expérience et réputation qui sont souvent associées à une pérennité plus importante de la société et par conséquent à un risque moins important d'échec dans la prestation du service. Il y a donc une réduction de l'incertitude sur la valeur des prestations réalisées et sur le risque de faillite du prestataire de services

Dans les technologies logicielles, l'apprentissage par l'usage et l'amélioration progressive d'un produit seraient favorable à la concentration du secteur alors qu'au contraire les innovations radicales qui ont créé de nouvelles catégories de logiciels permettent l'émergence de nouveaux acteurs et la déconcentration du secteur (Swann et Gill, 1993). Sutton (1996) a montré également que les caractéristiques de la demande (la diversité des goûts ou des exigences de la clientèle) interviennent dans l'amélioration d'un produit existant et dans l'apparition de nouveaux produits. Les

grands acteurs ont une meilleure connaissance des préférences et des exigences du grand public alors que les petites sociétés s'adaptent mieux aux spécificités des marchés des niches.

Les petites sociétés sont contraintes de surmonter le handicap de leur taille à travers des accords de coopération leur permettant de réduire une partie du risque associé aux processus d'innovation mais les obligeant à partager les profits de l'innovation. Les petites sociétés développent souvent des projets de recherche et de développement de produits sur des technologies de niche. Or, il est souvent difficile d'identifier ces dépenses pour permettre d'évaluer les efforts d'innovation des petites sociétés.

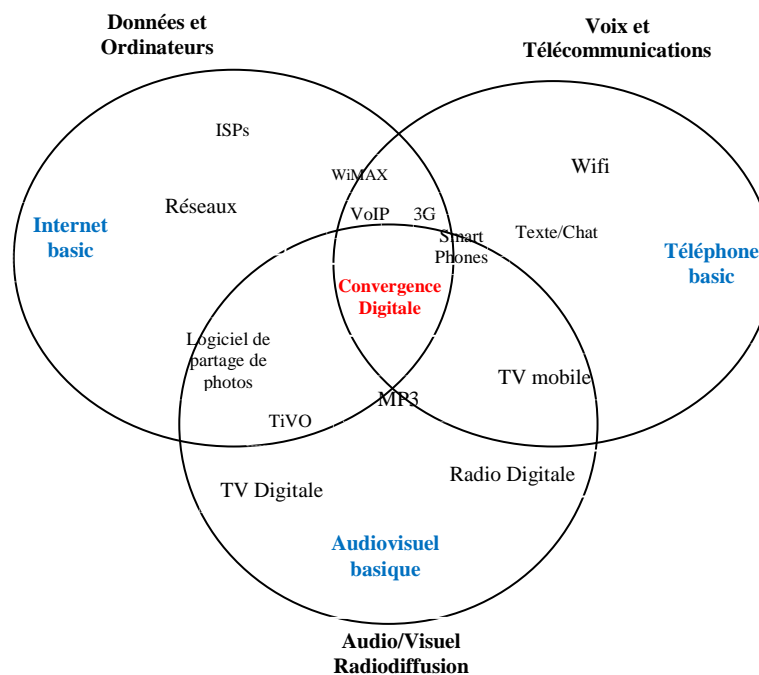
Les débats sur l'importance de la taille dans l'innovation ne sont pas réglés. On peut cependant envisager que l'innovation est menée différemment entre les grandes et les petites sociétés. On peut aussi considérer qu'il existe une forte asymétrie de pouvoir entre les grandes et les petites sociétés. On verra un peu plus loin, que les grandes sociétés possèdent un avantage sur les petites sociétés par rapport à l'accès aux technologies développées par des tiers.

2.2.3 La convergence entre le secteur de logiciel et les autres technologies.

Le secteur du logiciel possède des liens étroits avec d'autres industries ce qui rend problématique l'identification du secteur (OCDE, 2002, 2006, 2009). Les logiciels occupent une place importante dans l'économie car le logiciel est omniprésent dans de nombreux biens et services de tous les jours. La nature digitale, immatérielle et intellectuelle du logiciel permet aux utilisateurs de contribuer au développement et à la diffusion de nouvelles fonctionnalités ainsi qu'à la progression du logiciel dans l'ensemble de l'économie. La mobilité et l'interopérabilité sont les principales caractéristiques qui permettent aux utilisateurs de participer activement à la création de nouvelles fonctionnalités. Ces caractéristiques favorisent la convergence de technologies logicielles avec d'autres technologies (Lioppold et

Stryzowski, 2009).⁵ La figure ci-dessous, montre un exemple de la convergence du logiciel en tant que technologie digitale avec d'autres secteurs : le logiciel a été au cœur du processus de convergence digitale entre les ordinateurs, les télécommunications et les secteurs audio-visuels.

Figure 4. Le logiciel au cœur de la convergence digitale



Source: d'après le Département du commerce américain et Lioppold et Stryzowski (2009)

Le développement de la mobilité en tant que fonction du logiciel a favorisé la connectivité et la multifonctionnalité des dispositifs matériels avec des données de voix et d'audiovisuel. Les progrès techniques dans les différents éléments de l'architecture logicielle (systèmes opératifs, applications, etc.) et dans les matériels (comme par exemple les écrans) ont permis la convergence de nombreux biens et services vers l'informatique. Par exemple, l'ère des smartphones est le résultat de la convergence des téléphones, d'Internet et de l'audio-visuel. Les smartphones d'aujourd'hui possèdent les capacités de traitement des ordinateurs personnels des années 1990s. Ils offrent de nombreuses opportunités dans le développement de

⁵ La convergence numérique a pour but de rassembler le plus grand nombre de fonctionnalités en utilisant un minimum de canaux et de transcodeurs.

nouvelles applications et services. L'interopérabilité favorise par ailleurs la convergence digitale du logiciel avec d'autres secteurs et technologies. L'interopérabilité est définie comme la capacité d'un produit ou d'un système à fonctionner avec d'autres produits ou d'autres systèmes sans restriction d'accès au de mise en œuvre.

La difficulté à cerner le secteur du logiciel passe donc aussi par la convergence digitale des technologies logicielles et d'autres secteurs tels que les télécommunications, l'automobile, l'aéronautique, la santé, etc. D'après les estimations d'IDATE (Tableau 2), dans certains secteurs, le poids de la R&D logicielle est supérieur à 50% du total des dépenses en R&D. Pour l'électronique de consommation et l'équipement dans les télécoms, le poids de la R&D logicielle sur les dépenses totales en R&D est de 50% et 57%, respectivement. Dans l'aérospatiale et l'automobile, le poids de la R&D logicielle est de 36% et 27% du total des dépenses en R&D.

Tableau 2 Les estimations de l'effort global en R&D logicielle

2007	Marché mondiale (€ milliards)	R&D % (part du Chiffre d'affaires)	Dépenses en R&D logicielle comme % des dépenses totales en R&D	R&D logicielle (€ milliards)
Aérospatiale	350	6%	39%	8.2
Automobile	1550	5%	27%	20.9
Electronique grand public	195	7%	50%	6.3
Matériel médical	193	11%	28%	5.6
Equipements télécoms	247	13.5%	57%	19
Automatisation	40	4%	12%	0.2
TOTAL	2575			60.3

Source : IDATE d'après les estimations de l'ASD, Eucomed, BERR (ex-DTI), Data Monitor, AIA, ACEA, la CE pour la taille du marché et le niveau de R&D vertical ainsi que les dépenses en R&D et les revenus de TOP 5 de chaque industrie.

Il est donc difficile de cerner le secteur du logiciel étant donné les caractéristiques technologiques des biens logiciels, le changement technologique rapide et les particularités de l'innovation dans le secteur. Pour mieux cerner le fonctionnement et les caractéristiques du secteur logiciel nous devons étudier les différences de physionomie et de performance des industries ainsi que le leadership américain.

SECTION II - Les différences de physionomie et de performances des industries américaines et européennes

Les caractéristiques propres au logiciel et à son industrie ont un impact sur la façon dont le logiciel est produit, distribué, protégé mais également sur la forme des institutions qui structurent les industries du logiciel surtout en ce qui concerne le droit de la propriété intellectuelle et le financement. Les caractéristiques du logiciel ont aussi un rôle privilégié dans les différences de physionomie et de performances des industries entre pays ainsi que dans l'émergence d'acteurs «dominants». Dans cette section, nous étudions les différences de physionomie et de performances des industries américaines et européennes. Nous montrons qu'il y a bien un leadership américain dans l'informatique et les logiciels mais que la domination américaine doit être relativisée étant donnée l'hétérogénéité des biens et des besoins en logiciels. Nous étudions les principaux indices de cette domination sous le prisme particulier de l'écart entre l'Europe et les Etats-Unis, et des forces et faiblesses (avérées ou non) de l'Europe. Nous mobilisons pour cela une partie des données collectées pour l'analyse statistique du secteur « logiciels et services informatiques » dans le cadre du projet ICATSEM. L'objectif est de positionner l'Europe dans le contexte international d'un secteur a priori largement dominé par les Etats-Unis. Nous mobilisons par ailleurs plusieurs études sectorielles, qui ont été élaborées par les différentes parties prenantes (industriels, scientifiques, associations, entre autres) afin de répondre à l'appel de la Commission Européenne pour élaborer une stratégie ayant pour but de dynamiser l'industrie du logiciel en Europe. Cette section nous permet ainsi de positionner l'Europe vis-à-vis des Etats-Unis afin de cerner les opportunités ouvertes par les spécificités européennes. En effet, l'Europe possède des atouts solides pour positionner son industrie du logiciel. De plus, de multiples opportunités émergent dans le cadre d'une industrie qui est dans un processus permanent de transformation.

1. Les Etats-Unis dominant-ils le secteur ?

Dans cette première sous-partie, nous étudions les principales caractéristiques que l'on considère comme étant au cœur de la performance de l'industrie américaine vis-à-vis de l'Europe. L'objectif est tout d'abord de mettre en évidence les principales limites méthodologiques rencontrées dans l'élaboration d'une analyse comparative des industries (1.1). Ensuite, nous observons l'avantage pris par les firmes américaines depuis les premières années de l'informatique, de même que leur capacité à maîtriser le changement technologique et leur proximité avec les constructeurs d'ordinateurs (1.2).

1.1 La difficulté d'élaboration d'une analyse comparative des industries

Une étude sectorielle et plus particulièrement une analyse comparative des secteurs, a besoin de statistiques claires et fiables. Or, dans le cas de l'industrie du logiciel, la mesure de la valeur des logiciels et l'analyse comparative des données ne sont pas des tâches simples. L'analyse du secteur se voit confrontée à plusieurs limites en matière de données qu'on a résumé en 2 points principaux liés l'un à l'autre (voir principalement les rapports de l'OCDE, 2006; Lioppold et Stryszowski, 2009).

1.1.1 L'impossible délimitation statistique du secteur du logiciel

Le premier obstacle qui empêche de cerner nettement le secteur du logiciel est lié à la définition précise de la valeur économique d'un logiciel (Ahmad, 2003). En effet, comme nous l'avons signalé dans la sous-section précédente, le logiciel est un bien intangible, et par conséquent, le développement d'un logiciel est un processus coûteux et complexe dont le coût d'élaboration est potentiellement très élevé et indépendant du nombre d'unités qui seront vendues. En revanche, le coût de reproduction du logiciel est quasi nul. Par conséquent, le coût marginal d'un logiciel n'est pas un indicateur pertinent de la valeur économique d'un bien logiciel additionnel. A cette difficulté dans la mesure de la valeur d'un logiciel, on doit

rajouter celle liée au fait que son développement a souvent un résultat « insatisfaisant » (Horn, 2004) et que les coûts associées à la maintenance et à l'amélioration du logiciel font qu'un produit logiciel devient très souvent un service qui a besoin d'un ajout progressif de fonctionnalités et de corrections des erreurs.

Le deuxième obstacle concerne la difficulté à appréhender les métiers des firmes du logiciel. Ces dernières, opèrent dans de multiples secteurs dont les coûts de production et les revenus liés aux logiciels ne peuvent être séparés des autres activités de la firme. Ainsi, la complexité des modèles productifs des firmes ne permet pas d'identifier quelle est la valeur économique du logiciel ou du service rendu. Dans certains cas, il n'existe pas de paiement monétaire et les revenus peuvent être capturés de façon indirecte (à travers la publicité par exemple). La difficulté à mesurer certains marchés logiciels s'explique par l'absence de données fiables, voire des «proxys» pour certains types de produits logiciels (Ahmad, 2003). Dans ce même registre, on remarque qu'il n'existe pas de statistiques précises sur la production de logiciels sur mesure développés par les utilisateurs afin de satisfaire leurs propres besoins (Grimm *et al.*, 2002). Ces derniers logiciels constituent pourtant une partie substantielle de tous les logiciels produits dans l'économie.

Le secteur du logiciel est donc difficile à identifier et ses frontières ne sont pas clairement définies par rapport à d'autres secteurs. Ce phénomène est renforcé par le fait que les technologies logicielles sont en constante évolution et que de nouveaux «sous-segments logiciels» émergent de façon permanente. L'identification du secteur à un moment précis dans le temps est difficile et elle est plus délicate encore lorsqu'une analyse de long terme est réalisée. L'apparition permanente de nouveaux segments logiciels explique en partie les différences de nomenclatures nationales entre les pays pour définir leurs activités logicielles. De même, deux composantes affectant la dynamique des secteurs logiciels sont rarement mesurées et prises en compte dans l'analyse du secteur du logiciel : le logiciel embarqué et le logiciel libre. Les logiciels embarqués (ou enfouis) sont très souvent considérés comme une partie cachée de l'industrie. Cependant, de nos jours, les logiciels embarqués sont omniprésents car ils font partie d'une multitude de produits

électroniques dans plusieurs industries : l'électronique grand public, l'automobile, la robotique, la téléphonie, les télécommunications, etc. Ce type de logiciel est généralement vendu comme une partie du produit matériel dans lequel il est encasté. Dès lors, la croissance des marchés du logiciel embarqué n'est pas prise en compte dans la définition de l'industrie et par conséquent, les défis et les opportunités qu'il représente sont négligés. D'autre part, il n'existe pas de statistiques ou de mesures fiables à grande échelle de l'économie du logiciel libre. La plupart des études sur les logiciels libres se sont intéressées à leur émergence, à leurs caractéristiques, aux incitations à leur production, etc. Or, il n'existe pas de statistiques permettant des comparaisons claires dans sa production et sa distribution entre les pays.

1.1.2 L'absence de données fiables à l'échelle internationale.

Il existe des différences entre les pays dans l'identification du secteur malgré une tendance à l'harmonisation à l'échelle internationale et une meilleure identification du secteur. Les différences les plus importantes entre les nations concernent l'identification des sous-segments logiciels, la source de revenus, la collecte et le traitement de données, entre autres (OCDE 2002; 2006). Cela implique que les bases de données disponibles ne permettent pas non plus de mener des analyses détaillées à l'échelle internationale. De même, les données peuvent avoir plusieurs types de biais. Par exemple, il existe des différences dans le traitement comptable entre les pays concernant les dépenses d'investissement. De cette façon, les Etats-Unis comptabilisent directement les produits logiciels alors qu'au Royaume-Uni, ils sont comptabilisés indirectement (quand ils sont partie intégrante des ordinateurs).

Dans cette perspective, plusieurs limites peuvent émerger concernant les données relatives au commerce international. Le regroupement des logiciels avec le matériel, conduit à d'importantes erreurs de mesure (le commerce du matériel est surévalué et le commerce des logiciels est sous-estimé). De plus, la valeur des logiciels commerciaux est susceptible d'être sous-estimée car la valorisation aux frontières renvoie parfois à celle du support physique (estimation du prix d'un CD-

Rom et non du contenu). De plus, les statistiques du commerce international ne mesurent pas la valeur du droit d'auteur des œuvres vendues sur les marchés étrangers. Dans plusieurs cas, seul le produit logiciel original est compté dans le commerce international alors qu'il est copié de nombreuses fois pour la vente dans le pays importateur. Enfin, les données relatives au commerce international ne mesurent pas la part des logiciels transmis par voie électronique entre les pays (pour une analyse plus détaillée, voir les études de l'OCDE 2002; 2006; Lioppold et Stryszowski, 2009).

Du fait de l'absence de statistiques fiables et détaillées, les conclusions en termes de comparaisons internationales et de positionnement des pays sont à traiter et à interpréter avec prudence. De ce fait, pour mieux positionner l'Europe vis-à-vis des Etats-Unis, nous étudierons l'origine du secteur ainsi que les principaux acteurs. Cela nous permettra de mettre en évidence l'avantage pris par les firmes américaines lors de l'émergence de l'industrie.

1.2 L'origine de l'industrie du logiciel : une histoire non-européenne

L'industrie du logiciel est caractérisée par l'importance des rendements croissants d'adoption ainsi que par des coûts de changement élevés pour les consommateurs. Dans ce contexte, l'histoire du secteur est un élément fondamental pour mieux comprendre la performance de l'industrie américaine du logiciel. C'est pourquoi nous étudions tout d'abord, l'avantage pris par l'industrie américaine lors de l'émergence de l'industrie du logiciel à la fin des années 1960 (1.1.1). Nous analysons ensuite la capacité de l'industrie américaine à gérer le changement technologique à travers l'émergence et la gestion des vagues successives d'innovation qui caractérisent l'informatique (1.1.2). La puissance américaine serait donc en partie le résultat de sa capacité à verrouiller à son avantage le changement technologique de nombreux composants informatiques. De plus, l'industrie américaine du logiciel bénéficie d'un marché intérieur considérable et avide de technologies. Elle tire un profit considérable de sa proximité avec les fabricants de composants et d'ordinateurs (1.1.3).

1.2.1 La prime au premier entrant : «*the first mover advantage*»

Bien que l'industrie du logiciel soit relativement jeune, il est difficile d'établir clairement son origine : on pourrait bien considérer que l'origine est liée à la révolution des micro-ordinateurs dans les années 70, mais cette révolution a eu besoin du développement des puces d'ordinateur dès la fin des années 50, et ainsi de suite. Le progrès de l'industrie du logiciel et de l'informatique s'est construit d'abord grâce aux laboratoires de recherche militaire financés par le gouvernement des Etats-Unis. Il s'est aussi adossé aux laboratoires de recherche des entreprises, aux universités et aux groupes d'utilisateurs, qui ont tous contribué à son développement depuis les années 1950 (Mowery, 1999).

Les premières années de l'industrie ont été caractérisées par une architecture hiérarchique du logiciel appelée «*slave labor*», dans laquelle une machine puissante (mainframe) supervisait les actions des autres machines. Les mainframes sont des ordinateurs utilisés dans de très grandes entreprises pour leur fiabilité et leur capacité, ils sont parfois les seuls ordinateurs capables de répondre aux besoins de leurs utilisateurs. Avec la production d'ordinateurs (les 360) compatibles entre eux, IBM se consolide comme l'acteur dominant de l'industrie (il détient entre 60% et 70% du marché d'ordinateurs en 1967) (Horn, 2004).

A cette période, le logiciel dit “ de base ” était fourni par IBM et ne donnait pas lieu à une facturation séparée. Le logiciel d'application était réalisé par les utilisateurs (entendons les informaticiens des organismes utilisateurs) avec une aide plus ou moins importante des fabricants de matériel. Dans le monde académique (universités et laboratoires de recherche), les programmes étaient assez librement échangés entre les différents producteurs / utilisateurs sans paiement de royalties. De cette façon, IBM pose les bases d'une standardisation propriétaire alors qu'en parallèle une tradition de diffusion non marchande de logiciels s'instaure de façon marginale dès le début de l'informatique.

L'émancipation économique du logiciel par apport au matériel a commencé en 1969⁶ quand IBM, qui était sous la pression législative en vertu des lois antitrust, décide de poursuivre une politique de dégroupage (*unbundling*) (facturation séparée du matériel, des logiciels, de l'assistance technique et de la formation). Cette politique marque la naissance de l'industrie du logiciel indépendant, promouvant le développement des SSII (sociétés de services et d'ingénierie informatique) et l'émergence d'éditeurs (les concepteurs de logiciels) (Horn, 2004).

Avec la révolution des micro-ordinateurs dans les années 1970, le nombre d'ordinateurs installés dans les différents services des grandes firmes et des administrations et dans les moyennes entreprises s'accroît rapidement. Cela ouvre de nombreuses opportunités à l'industrie du logiciel car les utilisateurs ont besoin de produits et de procédés plus complexes (conception, modélisation), notamment dans l'industrie. Parallèlement, apparaît la programmation structurée qui permet d'en contrôler la rigueur et de rendre plus facile la compréhension et la modification des programmes en exposant la structure du raisonnement suivi jusqu'au code source du programme (Horn, 2004).

En 1980, IBM comprend que sa position est menacée par le succès de l'Apple II⁷ et c'est pourquoi l'entreprise demande à Microsoft, qui l'avait déjà équipé de son langage de programmation (le MS-BASIC), de lui fournir également un système d'exploitation, afin de mettre sur le marché un micro-ordinateur IBM, proposant une architecture physique et une suite logicielle propre : le Personal Computer (PC) (De Closets et Lussato, 2000). Selon Goldman (1998), s'adresser à Microsoft pour le système d'exploitation n'était pas le meilleur choix. D'une part, la société ne fabriquait pas le produit et d'autre part, un système d'exploitation existait déjà : le CP/M, mis au point en 1974 par Gary Kildall. Microsoft devient le fournisseur d'IBM en lui proposant le MS-DOS (Microsoft Disk Operating System), synthèse du

⁶ Cet événement est usuellement admis dans la littérature comme à l'origine de l'industrie du logiciel.

⁷ Le lancement et le succès de l'Apple II marquent la naissance économique de la micro-informatique. En effet, l'Apple II est caractérisé pour être un ordinateur de petite taille, abordable pour les familles de classe moyenne et bénéficiant pour la première fois de logiciels utiles et utilisables pour tous, il fut donc le premier ordinateur à se démocratiser (wikipedia, 2010).

CP/M et de Q-DOS, un autre système d'exploitation racheté par Microsoft quelques temps auparavant (Goldman, 1998).

Le développement de la micro-informatique a rapidement vu la domination du système d'exploitation MS-DOS de Microsoft, qui équipait dès le milieu des années 80 plus de 80% des PC, introduisant une standardisation de fait. Avec le MS-DOS, Microsoft impose sa vision propriétaire du marché et dirige alors l'évolution technico-économique du monde de la micro-informatique. D'après Genthon (1998), on peut parler de standardisation propriétaire. Cette standardisation propriétaire autour de la micro-informatique (le PC associé à *Microsoft* et le Mac d'*Apple*) et les baisses de prix qu'elle induit, ont permis dans les années 80 de mettre en place une nouvelle informatique fondée sur l'utilisation individuelle et la systématisation de progiciels.

Le développement de l'industrie asiatique ainsi que la chute du prix du «hardware» ont précipité le déclin d'IBM alors que Microsoft a pu vendre son système d'exploitation et d'autres logiciels propriétaires à tous les concurrents d'IBM, ce qui lui a permis de devenir l'acteur de référence de l'industrie du logiciel. Microsoft devient l'acteur dominant de l'industrie en obligeant les constructeurs à préinstaller Windows sur chaque machine, liant ainsi l'interface graphique à son système. Il devient impossible de dissocier Windows et DOS. Comme le remarque Di cosmo (1998), à partir de cette époque, les constructeurs qui voulaient installer MS-DOS devaient aussi installer Windows. La licence DOS serait alors retirée dans le cas contraire, ce qui est difficilement soutenable sur un marché où le parc informatique est dominé par des ordinateurs utilisant ce système d'exploitation. Microsoft profite de sa position, en transformant ses licences d'utilisation en licences exclusives, interdisant ainsi aux constructeurs de proposer, sur leurs ordinateurs, un système d'exploitation concurrent. Windows devient donc la plate-forme standard de l'ordinateur individuel et le produit clé dans la consolidation du monopole de Microsoft.

Dans le domaine des navigateurs Internet, la stratégie dominante de Microsoft lui a permis de gagner rapidement des parts de marché et d'imposer également ses produits. En effet, Microsoft n'était pas intéressé par un réseau développé sur des bases d'ouverture, d'échange et de gratuité. Toutefois, la croissance exponentielle d'Internet a révélé un marché stratégique et géant pour Microsoft. Ce potentiel est manifeste en 1994 quand la société Netscape Communications commercialise le premier navigateur Internet (qui prend en moins d'un an 80% des parts de marché). Selon Goldman (1998), Netscape et le langage associé Java (mis au point par Sun Microsystems) font du navigateur une sorte de « système d'exploitation virtuel », qui répond aux particularités des pages Web et qui se comporte plus comme un environnement multifonctions que comme une simple application. La stratégie de Microsoft face à ses concurrents montre sa forte capacité à répondre aux aléas du marché. En effet, pour combler son retard, l'entreprise rachète un navigateur déjà existant et le transforme rapidement en un produit maison : Internet Explorer. Selon Di Cosmo (1998), Microsoft demande aux constructeurs informatiques de préinstaller gratuitement Explorer et ensuite dès le mois d'août 1995, il l'ajoute à la vente de Windows. La domination de Microsoft Explorer se fait rapidement : alors qu'en 1997, Netscape occupait toujours 71% du marché des logiciels de navigation, il est réduit, en 2001, à 12,01 % d'utilisations. A l'inverse, sur la même période, Internet Explorer passe de 14% à 87,71%.

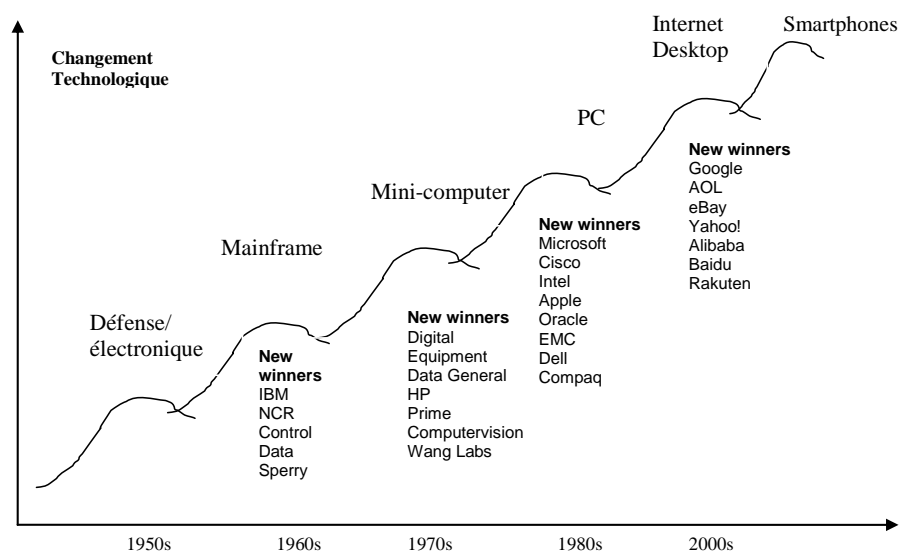
1.2.2 La maîtrise du changement technologique

Le leadership américain passe aussi par sa capacité à maîtriser le changement technologique⁸. Le modèle américain semble avantage par rapport à ses concurrents mondiaux grâce à sa capacité à créer des «*success stories*» basées sur la conception de nouvelles technologies et sur la capacité à les imposer. L'histoire de

⁸ Voir aussi l'analyse de Burigana (2011) pour le projet ICATSEM qui présente une analyse des différentes phases de l'histoire de l'industrie du logiciel.

l'informatique peut être analysée comme une succession de vagues d'innovation ou de réseaux technico-économiques⁹ (Callon, 1991) (voir la Figure ci-dessous).

Figure 5. Changement technologique par vagues d'innovation et émergence de nouveaux acteurs aux Etats-Unis (1950-2000)



Source: Silicon Valley Edge, Stanford Business Books.

Cette industrie est soumise à d'importantes ruptures technologiques qui imposent de nouveaux enjeux aux firmes établies et qui sont capables de changer leurs sources de revenus. Le changement technologique ouvre des possibilités à de nombreuses sociétés nouvelles et oblige les acteurs établis à mettre en place des stratégies leur permettant de se positionner très rapidement dans les nouveaux marchés (ce qui implique une pression structurelle à la diversification). Le changement technologique s'impose donc au cœur du changement des modèles productifs des firmes. L'internet impose, par exemple une nouvelle manière de développer les logiciels (participation des communautés d'internautes), une nouvelle façon de le distribuer (le CD devenant de moins en moins utilisé), de nouvelles

⁹ Un réseau technico-économique est constitué d'un ensemble de relations entre acteurs humains et non humains dont la convergence des points de vue et des intérêts est rendue possible grâce à l'existence d'intermédiaires. Dans le cas de l'informatique, les standards sont les intermédiaires déterminants de l'alignement des objets matériels et immatériels, des producteurs de matériels et de logiciels, des utilisateurs, des types de problèmes à résoudre, des valeurs culturelles, etc. (Horn, 2004)

sources de revenus (la publicité en ligne par exemple) en plus de nouveaux modèles productifs de proximité avec les clients pour les firmes des services et de consulting (SaaS, Cloud Computing). Les firmes américaines dominent de nombreux domaines liés aux technologies d'Internet telles que Facebook dans les réseaux sociaux, Twitter dans la messagerie instantanée et le microblogage, Youtube dans le partage des contenus, Google dans les moteurs de recherche, entre autres.

1.2.3 La proximité avec les fabricants de composants matériels et d'ordinateurs

Le logiciel est un objet complexe et « inséparable » des ressources matérielles avec lequel il interagit afin de réaliser une tâche préalablement conçue. De ce fait, les avancées technologiques dans les matériaux (ordinateurs, téléphones, tablettes mais également dans de nombreuses machines, etc.) sont une source de progrès et d'innovation en matière de logiciels. Horn (2004) remarque que les changements technologiques de plus en plus rapides dans d'autres domaines de technologies de l'information (IT) tels que les composants électroniques (appelés souvent loi de Moore) ont favorisé le perfectionnement des logiciels présents sur les microprocesseurs et sur les différents matériaux. Il y a donc des allers-retours permanents entre les progrès techniques des matériaux et les avancées en matière d'architecture logicielle ainsi que dans la qualité des logiciels. Dans cette structure d'évolution technologique complexe, l'industrie américaine du logiciel a historiquement tiré un profit considérable de sa proximité avec les fabricants de composants matériels. En effet, les Etats-Unis et, plus précisément, la Silicon Valley ont été au cœur de l'émergence et de la transformation des réseaux technico-économiques (mainframe, mini-computer, PC, etc.) dans lesquels les composants matériels ont imposé de nouveaux défis en matière d'architecture logicielle, de fonctionnalités et de qualité des logiciels. Ainsi, par exemple, dans l'émergence de la téléphonie mobile, les firmes américaines ont imposé leurs produits et principalement leur système d'exploitation pour les Smartphones (exemple le système d'exploitation Android de Google, iOS d'Apple ou le Windows Mobile de Microsoft).

2. L'industrie européenne du logiciel vis-à-vis de l'industrie américaine du logiciel

L'objectif de cette sous-section est d'analyser l'industrie du logiciel sous le prisme particulier de l'écart entre l'Europe et les Etats-Unis (analyse du gap technologique) et des forces et faiblesses (avérées ou non) de l'Europe. On mobilise plusieurs indicateurs permettant de mieux comprendre le leadership américain en matière de logiciels et de saisir pourquoi l'industrie américaine du logiciel est souvent considérée comme le modèle de référence (2.1). Ensuite, nous étudions les principales difficultés que doivent surpasser les firmes européennes afin de se développer, comme par exemple la fragmentation des marchés locaux (2.2).

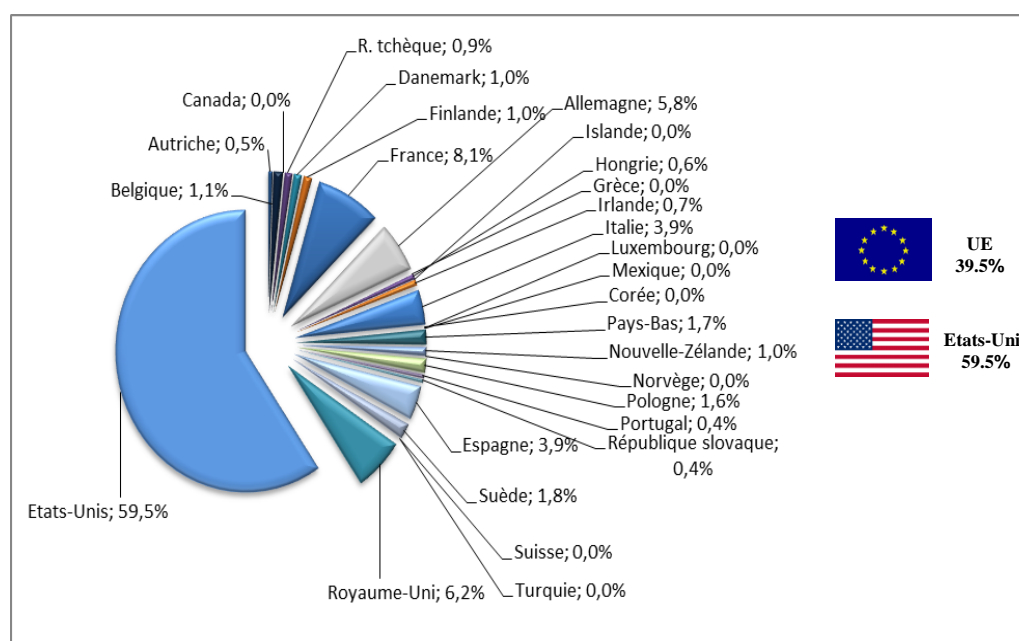
2.1 Les principaux indices de la supériorité compétitive américaine vis-à-vis de l'Europe en matière de logiciel

Dans cette sous-section, l'objectif est d'observer les principaux indicateurs nous permettant de positionner l'Europe dans le contexte international d'un secteur a priori largement dominé par les Etats-Unis. Nous mobilisons pour cela des données collectées pour l'analyse statistique du secteur « logiciels et services informatiques » réalisée dans le cadre du projet ICATSEM. Nous utilisons également plusieurs études sectorielles, qui ont été élaborées par les différentes parties prenantes (industriels, scientifiques, associations, entre autres) visant à positionner l'Europe vis-à-vis des Etats-Unis. Trois points faibles en Europe en ressortent et mettent en exergue symétriquement les avantages compétitifs des Etats-Unis. Apparaît tout d'abord, la difficulté européenne à faire émerger les firmes de grande taille alors que les Etats-Unis concentrent les plus grandes firmes du secteur (2.2.1). De même, le leadership américain peut s'expliquer grâce à l'intensité de la R&D (2.2.2) et la qualité du positionnement de ses firmes à l'international (2.2.3).

2.1.1 La concentration et la puissance des firmes de plus grande taille

L'industrie du logiciel est caractérisée par une remarquable diversité concernant la taille des firmes. Or, le nombre de firmes de moyenne et grande taille est un indicateur couramment utilisé pour mettre en évidence le retard de l'industrie européenne vis-à-vis de l'industrie américaine du logiciel. En effet, parmi les pays de l'OCDE, les Etats-Unis possèdent la part la plus importante (59,45%) des grandes entreprises du secteur (de plus de 250 salariés). Les pays européens en détiennent 39,5% (dont 21,1% pour les trois « premiers pays », France, Allemagne et Royaume-Uni) (voir la Figure ci-dessous).

Figure 6. La part des pays dans les entreprises de plus de 250 salariés du secteur C72 en 2007

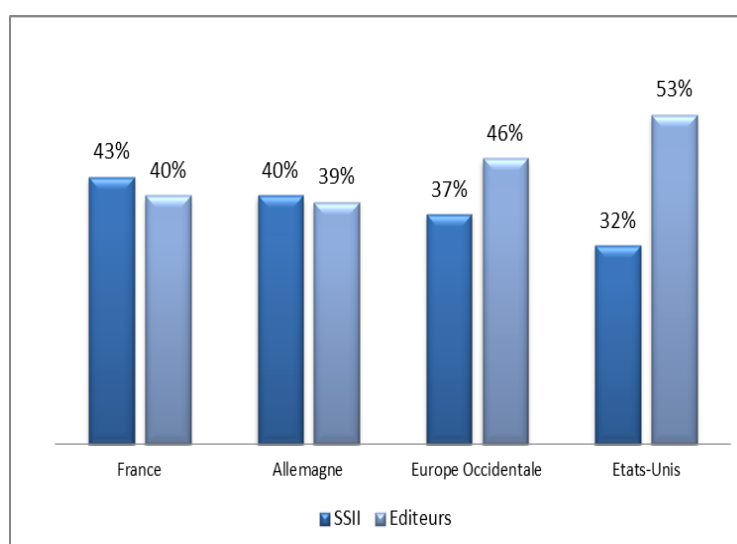


Source : OECD – Structural and Demographic Business Statistics (SDBS)

Il existe un consensus parmi les politiques et les industriels du secteur pour considérer que le cadre institutionnel européen est moins propice à l'émergence des firmes de grande taille et d'acteurs leaders dans le secteur. Au contraire, le cadre institutionnel américain serait particulièrement adapté à l'apparition d'acteurs de grande taille dans les technologies logiciels. De fait, les Etats-Unis possèdent 3 fois plus de firmes de grande taille que la France, l'Allemagne et le Royaume-Uni réunis.

En 2007, le nombre de firmes de plus de 250 salariés aux Etats-Unis était de 1610 firmes contre 1071 pour l'ensemble des pays Européens. Les grandes sociétés du secteur ont un poids très important en termes de parts de marché dans l'industrie du logiciel. Selon les estimations de Syntec informatique (2009), les dix plus grands acteurs dans l'édition des logiciels et les Sociétés des Services informatiques indépendantes (SSII) concentrent une part très significative du chiffre d'affaires en Europe et aux Etats-Unis. La Figure ci-dessous, montre le poids des dix plus grands acteurs pour les Editeurs et les SSII en Europe et aux Etats-Unis. On constate une concentration moyenne d'environ 42% et 43% du chiffre d'affaires en 2007 aux Etats-Unis et en Europe, respectivement (figure 7).¹⁰

Figure 7. Poids des dix plus grands acteurs dans les marchés d'édition et SSII (en valeur du chiffre d'affaire) en 2007



Source : d'après Syntec informatique (2009)

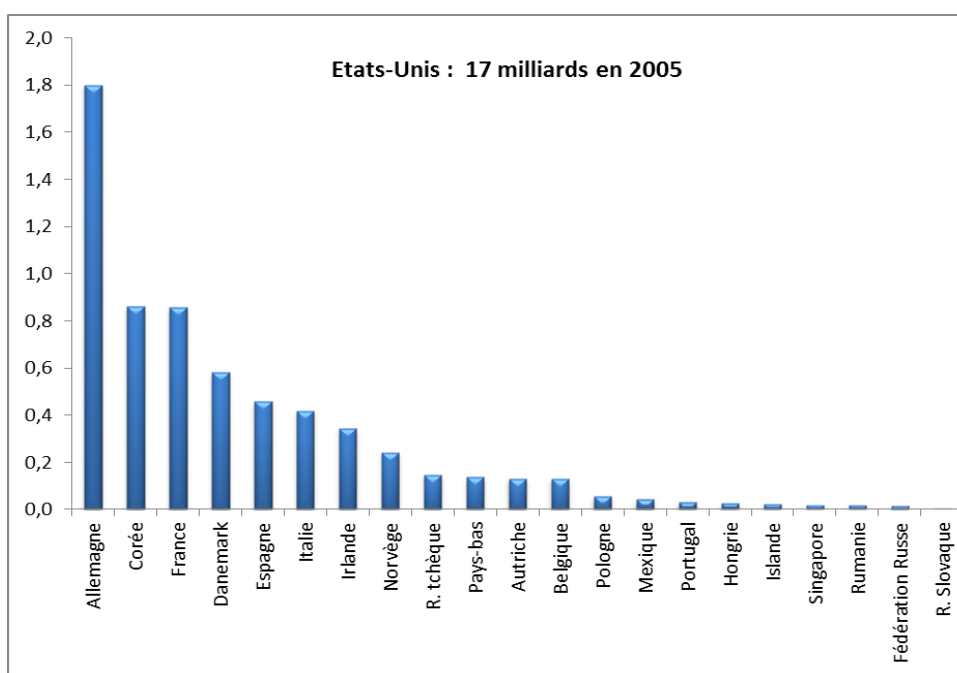
2.1.2 L'intensivité de la R&D : un indicateur clé

Le deuxième indicateur associé à la puissance américaine est la capacité novatrice des firmes (mesurée par la puissance de la R&D logicielle). En effet, la R&D et le capital humain sont des facteurs clés de l'innovation dans des industries

¹⁰ Dans les estimations d'EITO/PAC (2008) seules les entreprises des plus de 10 salariés sont prises en compte.

intensives en connaissances et marquées par un changement technologique permanent tel que l'industrie du logiciel. Les investissements en R&D supportent le progrès technique et renforcent la croissance à long terme (Guellec et Allii, 2010). Le leadership américain en matière du logiciel est ainsi en partie assuré par la puissance de la R&D logicielle. Ainsi, les dépenses en R&D (à prix courants) dans la production des logiciels aux Etats-Unis ont été de 17 milliards US\$ en 2005 alors que pour le reste des pays de l'OCDE les dépenses en R&D logicielle n'ont été que de 6,32 milliards US\$ (voir la Figure 8). De même, les dépenses en R&D des services informatiques des Etats-Unis ont été de 30,5 milliards US\$ en 2005¹¹ alors que pour le reste des pays de l'OCDE, ces mêmes dépenses ont été de 16,94 milliards US\$ en 2006 (voir la Figure 9).

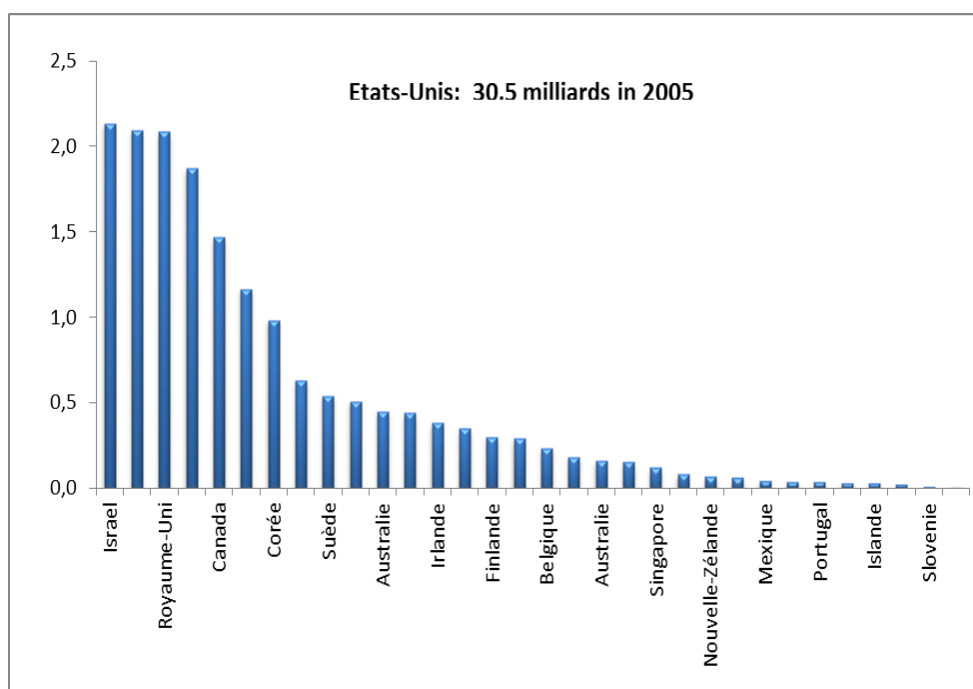
Figure 8. Dépenses en R&D dans la production de logiciels (Milliards USD en PPA à prix courants).



Source : OCDE, base de données SRD, juin 2008.

¹¹ Les données n'étaient pas disponibles pour l'année 2006 pour les Etats-Unis.

Figure 9. Dépenses en R&D dans le secteur des services informatiques et du logiciel (Milliards USD en PPA à prix courants) en 2006

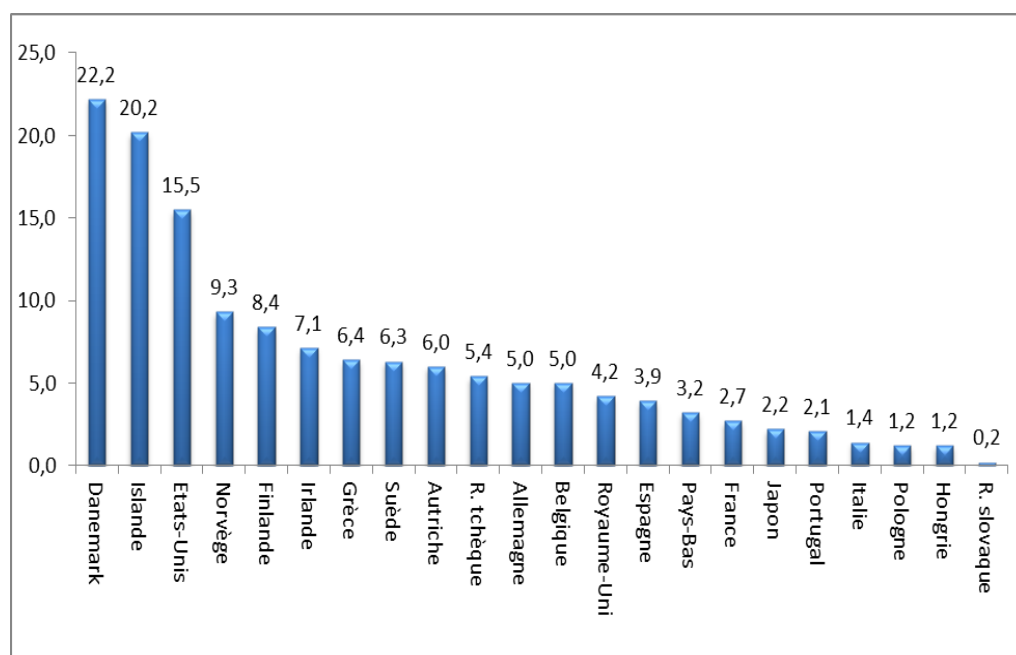


Source : OCDE, base de données SRD, juin 2008.

Note : Pour les deux graphiques les chiffres pour les Etats-Unis ont pour source la National Science Foundation.

Par ailleurs, la Figure 10 montre l'intensité de la R&D fondée sur la valeur ajoutée du secteur. On y constate que le Danemark, l'Islande et les Etats-Unis se démarquent par leur niveau d'intensité de la R&D avec respectivement 22,2% 20,2% et 15,5%. A l'opposé, les principales puissances européennes telles que l'Allemagne, la France et le Royaume-Uni ont une intensité de la R&D sur la valeur ajoutée du secteur inférieure à 5%. De plus, la puissance américaine s'observe dans les dépenses en R&D de l'ensemble des technologies de l'information et des télécommunications (TIC) qui représentent une partie assez importante de la valeur ajoutée des principaux secteurs industriels. Les progrès dans les secteurs des TIC peuvent fournir une base solide permettant les futurs développements dans plusieurs segments logiciels. Or, les Etats-Unis y consacrent 88 milliards d'euros, l'Europe 37 milliards (Commission Européenne, COM (2010) 245).

Figure 10. Intensité de la R&D (DIRDE) fondée sur la Valeur Ajoutée du secteur en 2007



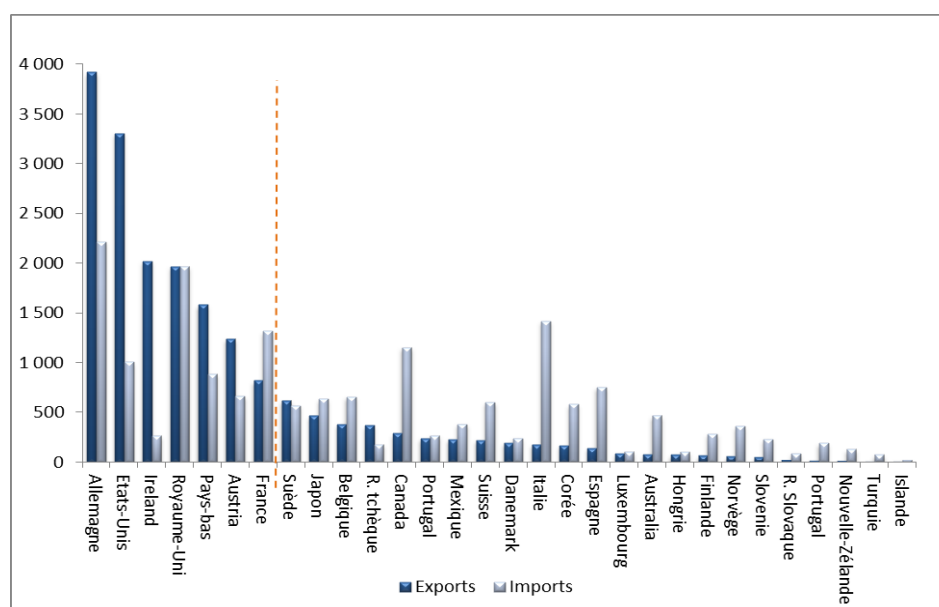
Source: OECD – Science, technology and R&D Statistics

La domination américaine serait donc assurée par les dépenses en R&D qui permettent de développer de nouveaux produits et services ainsi que d'entretenir les compétences des informaticiens. L'innovation logicielle est davantage caractérisée par une forte intensité en ressources humaines créatives qu'en capital. En effet, le changement technique permanent et la croissance des opportunités dans les marchés signifient que les firmes du secteur sont constamment à la recherche de nouveaux types de compétences. En raison de l'importance du logiciel dans la plupart des secteurs de l'économie, les firmes logicielles sont très dépendantes de la capacité des employés à être très spécialisés mais aussi versatiles. La disponibilité de la main-d'œuvre hautement qualifiée continue à être un défi majeur des économies d'aujourd'hui (Lippoldt et Stryszowski, 2009). L'enquête élaborée par l'OCDE en 2008 montre que les entreprises ont tendance à considérer que la disponibilité du capital humain hautement qualifié est le facteur primordial dans l'innovation logicielle (OCDE, 2008 a).

2.1.3 La spécialisation à l'international

Le dernier indicateur du leadership américain dans le secteur du logiciel est la spécialisation à l'international des pays. On s'intéresse donc aux données de l'OCDE (2008) qui doivent être analysées avec prudence car la mesure du commerce des logiciels présente plusieurs problèmes, soulignés par l'OCDE (2008)¹². La figure ci-dessous permet de comparer les exportations et les importations des biens logiciels des pays de l'OCDE en 2006.

Figure 11. Exportations et Importations des biens logiciels des pays de l'OCDE en 2006 (USD millions)



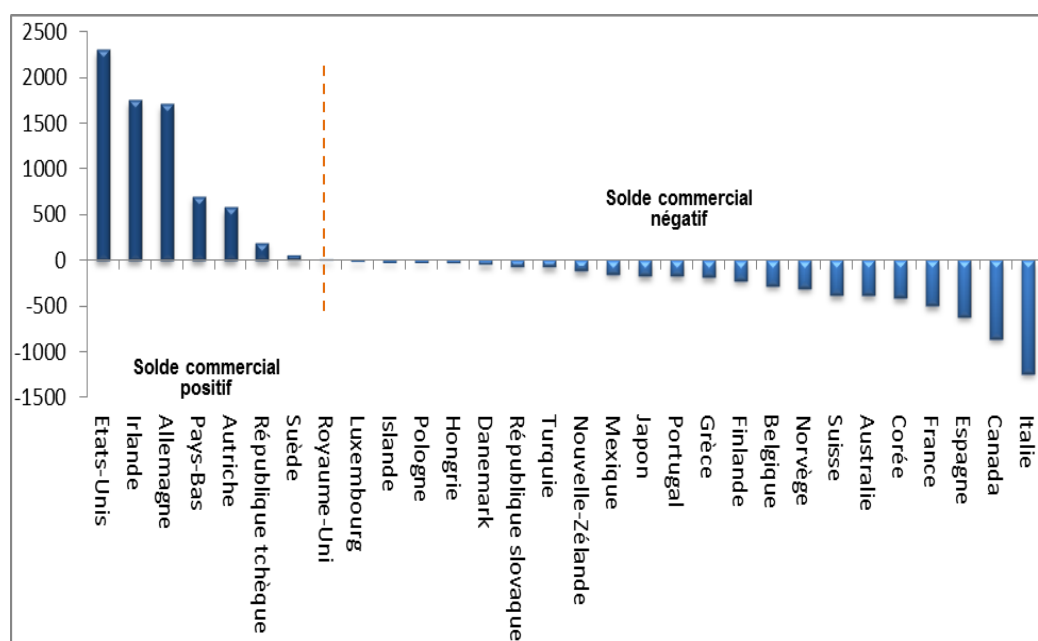
Source: Joint OECD-UNSD ITCS and the UN COMTRADE database.

En 2006, l'Allemagne et les États-Unis représentaient les principaux exportateurs de biens logiciels, avec respectivement plus de 3,9 et 3.3 milliards de dollars d'exportations. L'Allemagne et le Royaume-Uni étaient les principaux

¹² On s'intéresse aux données de l'OCDE (2008) malgré plusieurs limites : 1) La valeur des logiciels commerciaux est susceptible d'être sous-estimée; 2) Le regroupement des logiciels avec le matériel conduit à d'importantes erreurs de mesure (le commerce du matériel est surévalué et le commerce de logiciels est sous-estimé). 3) Les statistiques du commerce ne mesurent pas la valeur du droit d'auteur des œuvres vendues sur les marchés étrangers. Dans plusieurs cas, seul le produit logiciel original est compté dans le commerce international alors qu'il peut être copié de nombreuses fois à un coût très faible pour la vente dans le pays importateur. 4) Les échanges électroniques ne sont pas pris en compte.

importateurs de biens logiciels avec plus de 1,5 milliard de dollars chacun. On peut également observer dans la Figure 12 que l'Italie, l'Espagne et la France ont connu des déficits plus importants du commerce de produits logiciels, tandis que les États-Unis, l'Irlande (voir la Figure 13) et l'Allemagne ont enregistré les excédents les plus importants¹³.

Figure 12. Solde commercial, biens logiciels, 2006.



Source : OECD Information Technology Outlook

Historiquement, les firmes américaines fournissent une part très importante des marchés mondiaux. D'après les statistiques publiées par l'International Trade Administration américaine, les firmes américaines fournissaient au milieu des années 1990 environ 60% du marché des logiciels en Europe Occidentale et au Japon et près de 73% dans le reste du monde (EBB, 1994; Brouters et Van't Kruijs, 1997). De nos jours, selon les estimations du Cabinet Pierre Audoin Conseil pour EuroSoftware (2007), les firmes américaines sont particulièrement bien implantées en Europe puisque 15 des 20 plus grandes firmes sur le marché Européen sont américaines. De

¹³ Dans les Tableaux 3 et 4 de l'annexe, on appréciera une vision d'ensemble des importations et des exportations des biens et services informatiques et d'information dans les pays de l'OCDE en 2006.

même, parmi les 100 et 200 plus grandes firmes sur le marché Européen 48 et 70 respectivement, sont des firmes américaines (Tableau ci-dessous).

Tableau 3. Distribution des 200 plus grandes firmes du logiciel en Europe selon leur nationalité

Nationalité des firmes	Top 20	Top 100	Top 200
Etats-Unis	15	48	70
Europe	4	45	121
Japon	1	5	5
Canada	0	2	2
Total	20	100	200

Source : d'après PAC, 2007.

Figure 13. La stratégie de développement industriel irlandaise¹⁴

Le volume important des exportations et de l'excédent commercial des biens et des services logiciels de l'Irlande peut être expliqué par un problème de mesure statistique et fiscale. En effet, les volumes de l'Irlande sont un peu gonflés parce que les données comprennent les frais de licence de logiciel dans les services informatiques et d'information, tandis que dans d'autres pays elles sont enregistrées séparément sous la rubrique «redevances et droits de licence» (OCDE, 2006). Cependant, mis à part ces problèmes, l'Irlande continue à être un important producteur et exportateur de logiciels et services informatiques. L'Irlande a su tirer profit d'un régime fiscal avantageux qui lui a permis d'attirer un certain nombre d'entreprises de logiciels qui se sont localisées en Irlande comme une porte d'entrée privilégiée sur les marchés Européens (OCDE, 2006).

D'après Hicks and Nicholson (2004), l'histoire de l'industrie du logiciel irlandais remonte aux années soixante avec trois événements principaux : i) l'entrée irlandaise dans la Communauté Economique Européenne, ii) les efforts des autorités locales de développement industriel pour attirer les investissements des multinationales de high-tech par le biais d'incitations financières (ainsi que

¹⁴ Voir aussi l'analyse de Andreosso- O'Callaghan, Lenihan et Reidy (2011) pour le projet ICATSEM sur le développement et la croissance de l'industrie irlandaise des logiciels.

l'emploi, la formation, le capital et les subventions de R&D), et iii) et d'importants investissements dans l'éducation et les télécommunications.

Une partie considérable des exportations des biens et des services informatiques irlandais provient d'entreprises à capitaux étrangers qui ont bénéficié des effets de l'intégration de l'Irlande dans l'Union européenne, ainsi que des efforts continus des gouvernements irlandais pour soutenir l'attractivité de leur territoire: politique de faible coût du travail et fiscalité avantageuse.

La stratégie de développement industriel irlandais a commencé à porter ses fruits dans les années quatre-vingt. L'Irlande devient une base de production européenne attractive (Hicks and Nicholson, 2004). Les principaux acteurs en Irlande au milieu des années quatre-vingt ont été les éditeurs de logiciels en masse tels que Microsoft, Lotus, Oracle, Symantec, Informix et Corel. Aujourd'hui, les principales activités des services informatiques en Irlande sont réalisées par de grandes entreprises de services et de consulting ou des entreprises de production de logiciels embarqués et d'applications pour des firmes manufacturières du télécom telles que Motorola et Ericsson.

Les entreprises locales produisent principalement des produits logiciels sur mesure, des logiciels de niche pour des secteurs spécifiques et d'autres services logiciels. L'orientation de ses entreprises à l'international s'explique d'une part, par leur engagement dans le développement et la vente de produits de niche pour le secteur bancaire et financier, les télécommunications et la formation sur Internet (Internet-based training) et d'autre part car le marché irlandais est très réduit (Lippoldt et Stryszowski, 2009).

2.2 Le(s) modèles Européen(s):fragmentation et stratégies de niche

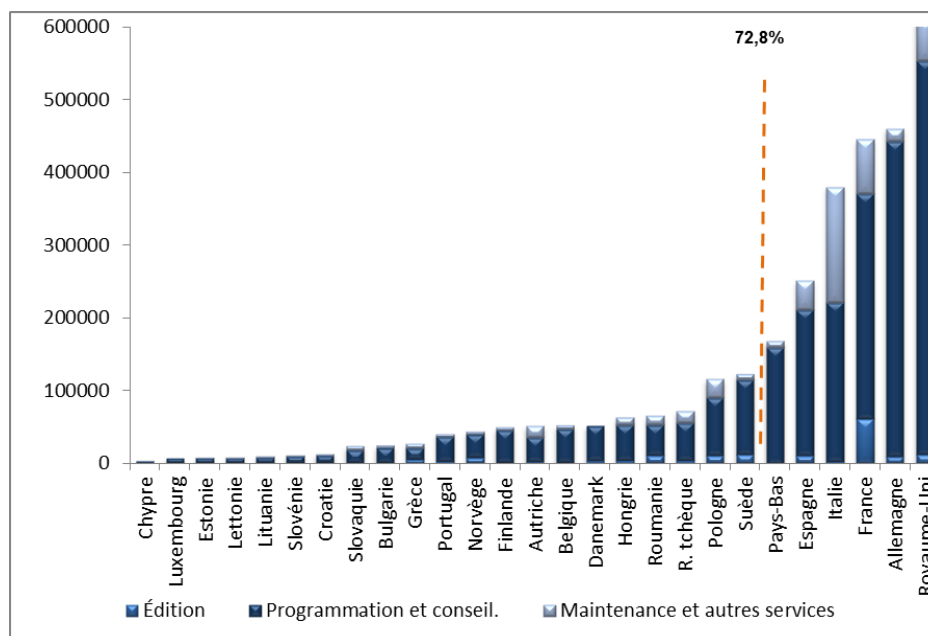
Les firmes américaines bénéficient de l'avantage au premier entrant et elles s'adressent au plus grand marché du monde dans une langue commune. A l'opposé, les firmes européennes du logiciel sont confrontées à des marchés fragmentés qui impliquent des coûts plus élevés pour les firmes qui sont destinées à des clients hors pays d'origine. Or, la taille du marché auquel les firmes du logiciel s'adressent est fondamentale pour leur croissance. Dans cette sous-section, nous étudions la fragmentation et la concentration des activités en Europe ainsi que la spécialisation des firmes européennes dans les services informatiques (2.2.1). Nous constatons ensuite l'importance des petites sociétés dans la production logicielle en Europe

(2.2.2). Finalement, nous montrons que la puissance américaine peut être nuancée en contrastant la puissance des firmes américaines face aux principales firmes européennes selon leur chiffre d'affaires. Cette analyse nous fournit un indicateur concernant la difficulté à faire émerger des champions nationaux en Europe.

2.2.1 Fragmentation, concentration des activités et spécialisation dans les services informatiques

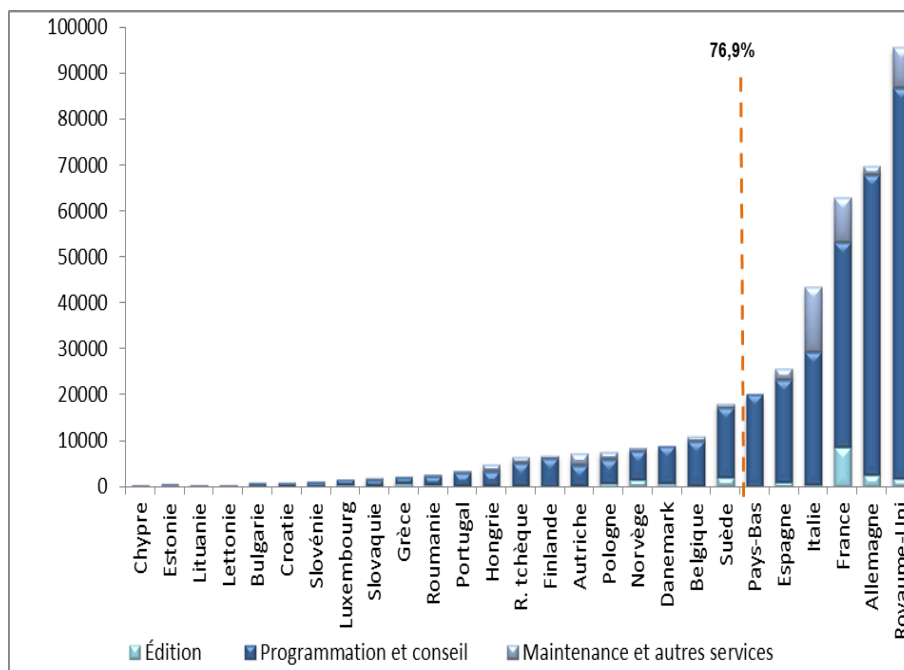
Les firmes européennes du logiciel sont confrontées à de nombreuses difficultés pour se développer. La première est la taille réduite de leurs marchés nationaux comparés à celui des Etats-Unis : les firmes européennes ont du mal à profiter d'économies d'échelle à cause de la fragmentation des marchés européens. Pour cette raison, elles doivent supporter des coûts supplémentaires pour offrir leurs produits logiciels et leurs services dans d'autres langues, créer d'autres réseaux de distribution et faire du marketing différencié selon le pays. Les firmes européennes souhaitant s'implanter hors de leurs frontières nationales doivent respecter des législations différentes pour chaque territoire. La fragmentation des marchés en Europe permet d'expliquer la difficulté des firmes européennes à se développer et à gagner des parts de marché hors de leurs frontières nationales. En Europe, les principaux marchés correspondent aux plus grandes économies européennes : le Royaume-Uni, l'Allemagne, la France, l'Italie, l'Espagne et les Pays-Bas. En 2007, ces marchés concentraient à eux seuls 72.8% et 76.9% de l'emploi et de l'activité en Europe (Figure 14 et 15). Il apparaît que les services informatiques sont au cœur de la filière numérique en Europe car ils irriguent de nombreuses branches industrielles, et ils créent davantage d'emplois et de revenus dans le secteur du logiciel. La programmation, le conseil, la maintenance et les services concentrent environ 95% de l'activité et de l'emploi en Europe.

Figure 14. Nombre de personnes employées dans l'ensemble des activités « logiciels et services informatiques » en Europe



Source : Structural Business Statistics (Eurostat)

Figure 15. Distribution de l'ensemble des activités « logiciels et services informatiques » en Europe

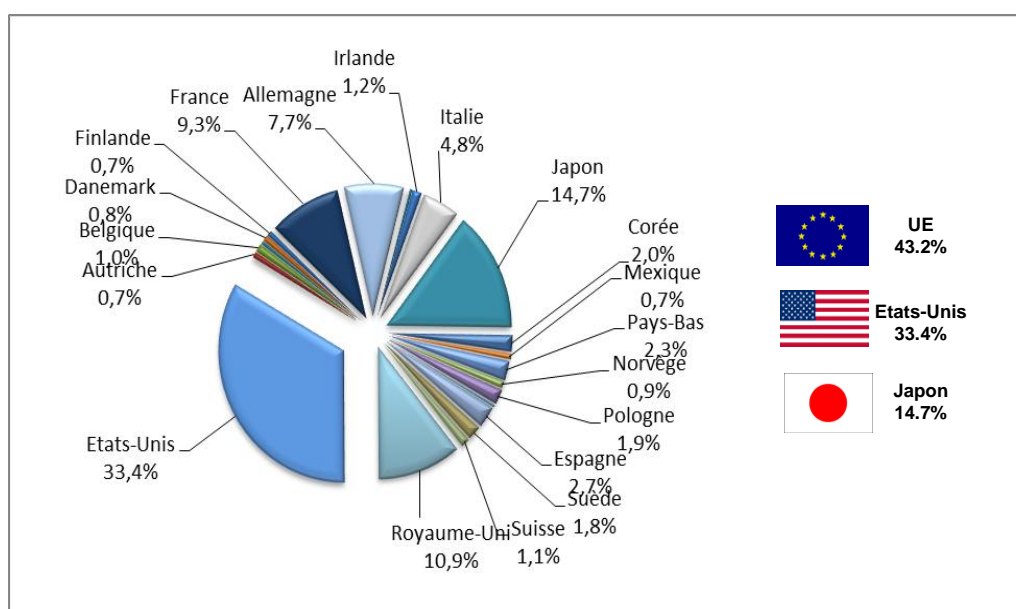


Source : Structural Business Statistics (Eurostat)

Les activités de services s'adaptent aux besoins des utilisateurs, pourtant il est très difficile dans ce domaine de parler d'une domination américaine. Dans de nombreuses activités de services, les firmes européennes développent des technologies de pointe ce qui contredit la thèse d'une domination américaine dans les services informatiques notamment en ce qui concerne les technologies d'exploitation massive des données («big data»), la sécurité des systèmes d'information, l'informatique en nuage, le SaaS, les progiciels de gestion intégrés (ERP), les applications mobiles, etc. Ces derniers sont des technologies émergentes dans lesquelles la consolidation d'acteurs dominants n'est pas toujours verrouillée.

De plus, les activités de services sont fortement intensives en valeur ajoutée. Il semblerait que pour les pays de l'OCDE, la valeur ajoutée de l'ensemble des pays européens (43,2%¹⁵) dans le secteur du logiciel soit supérieure à la valeur ajoutée des Etats-Unis (33,4%) (La Figure ci-dessous). Cependant, pour cet indicateur, on ne peut pas savoir quelle partie de la valeur ajoutée en Europe est réalisée par les firmes américaines et vice-versa.

Figure 16. Part de la valeur ajoutée du secteur C72 selon les pays en 2007 (OCDE).



Note: Sur la Figure, l'Union Européenne regroupe 19 pays avec les informations disponibles.

¹⁵ Ici, on prend en compte 19 pays de l'Union Européenne avec les informations disponibles en 2007.

2.2.2 L'importance des petites sociétés et des marchés de niche en Europe

La puissance des Etats-Unis en matière de logiciel est en partie assurée grâce au verrouillage de nombreux produits logiciels mais également grâce à la capacité du système à promouvoir des firmes novatrices dans chaque vague d'innovation ou réseau technico-économique. Le leadership américain réside également dans la puissance de ses champions nationaux. Au contraire, en Europe, le secteur du logiciel est constitué d'un vaste tissu de start-ups très dynamiques malgré la multiplicité d'handicaps structurels auxquels elles doivent faire face. Le tableau ci-dessous montre le nombre de firmes des pays de l'OCDE par classe de taille en 2007. On constate que le secteur du logiciel est caractérisé par une grande quantité de sociétés de très petite taille (moins de 10 salariés). Il en ressort que l'Europe avait, en 2007, 5 fois plus de sociétés de moins de 10 salariés que les Etats-Unis.

Tableau 4. Nombre de firmes par classe de taille en 2007 (ISIC 73 activités informatiques et activités rattachées).

	1-9	10-19	20-49	50-249	250+	Total
Autriche	11533	346	219	114	13	12225
Belgique	13247	379	243	127	30	14026
République tchèque	23068	469	273	171	25	24006
Danemark	7546	349	249	105	27	8276
Finlande	5001	225	169	96	28	5519
France	58381	1954	1441	741	218	62735
Allemagne	47525	3343	2087	989	156	54100
Hongrie	23356	367	190	89	16	24018
Irlande	4443	238	124	101	18	4924
Italie	86809	3276	1179	549	106	91919
Luxembourg	997	64	57	27	1	1146
Pays-Bas	19150	925	615	295	45	21030
Nouvelle-Zélande	9235	230	106	33	27	9631
Pologne	34650	223	218	154	43	35288
Portugal	11785	259	159	98	12	12313
République slovaque	1533	328	44	42	10	1957
Espagne	30639	1094	805	427	106	33071
Suède	31751	675	468	226	49	33169
Royaume-Uni	102792	3583	1677	913	168	109133
États-Unis (2006)	102281	8871	8856	2110	1610	123728

Source: OECD – Structural and Demographic Business Statistics (SDBS)

La production de logiciels en Europe est donc basée principalement sur les petites sociétés qui fournissent des services informatiques pour les marchés locaux. Le modèle de production et l'innovation logicielle en Europe seraient basés sur la capacité des petites sociétés informatiques à s'adapter aux besoins des utilisateurs.

Ainsi, l'Europe concentre environ 82,1% des sociétés de moins de 10 salariés contre 16,30% pour les Etats-Unis (Tableau ci-dessous).

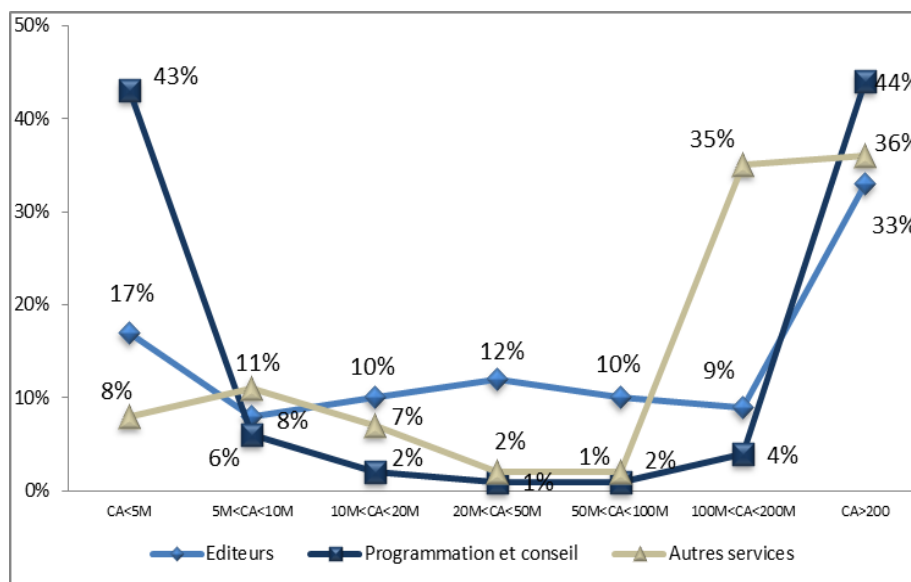
Tableau 5. Pourcentage des firmes par classe de taille en 2007 (ISIC 73 activités informatiques et activités rattachées en Europe et aux Etats-Unis).

Pays	(1-9)	(10-19)	(20-49)	(50-249)	(250+)
Etats-Unis	16,30%	32,60%	46,20%	28,50%	59,50%
Europe	82,10%	66,50%	53,00%	71,20%	39,60%

Source: OECD – Structural and Demographic Business Statistics (SDBS)

Les petites sociétés ont une place privilégiée dans les marchés locaux en Europe. Elles concentrent une part non négligeable du chiffre d'affaires du secteur. En France, selon les estimations de Syntec informatique (2009), le marché se polarise entre les très grandes sociétés et les PME. En effet, d'après Syntec informatique, les parts de marché des firmes de taille moyenne sont très faibles ce qui indique un déficit des firmes de taille intermédiaire (Figure ci-dessous).

Figure 17. Parts du marché des entreprises selon le chiffre d'affaires en France en 2005



Source : Syntec informatique (2005)

2.2.3 La difficile émergence de leaders mondiaux

Depuis l'émergence de l'industrie européenne du logiciel, un grand nombre d'obstacles empêche les firmes du logiciel, et notamment les petites et les moyennes entreprises, de se développer au-delà de leurs frontières nationales et de bénéficier pleinement du « marché intérieur ». Les coûts supplémentaires associés à la fragmentation des marchés en Europe affectent la croissance et la réussite des firmes. Ils obligent les firmes à se concentrer sur les marchés nationaux et sur les technologies de niche ou sur mesure. La compétitivité mondiale des firmes européennes du logiciel s'en trouve affectée. Ainsi, en moyenne, les 100 principales firmes européennes ont réalisé un total de 26.7 milliards d'euros en chiffre d'affaires et leurs dépenses en R&D ont été d'environ 3.87 milliards d'euros entre 2005 et 2011. En opposition, le chiffre d'affaires de Microsoft a été de 41.6 milliards et ses dépenses en R&D ont été de 6.17 milliards pour la même période (Tableau ci-dessous).

Tableau 6. Puissance de la dépense en R&D

Chiffre d'Affaires (€ M)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Microsoft	37,5	35,3	33,4	35,5	40,9	52,13	57,0
Oracle	12,1	11,4	12,5	12,6	16,2	26,5	29,3
TOP 100 EUROPE	21	22	24	25	27	31	37,0
Investissement en R&D (€ M)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Microsoft	5,5	5,4	5,58	6,48	6,07	6,7	7,5
Oracle	1,5	1,66	1,87	1,99	2,27	3,3	3,4
TOP 100 EUROPE	2,7	3,3	3,7	3,6	3,8	4,3	5,7

*TOP 100 selon le classement du TRUFFLE (2012), et EU Industrial R&D Investment Scoreboard (2006-2012)

Le leadership américain s'observe spécifiquement dans la puissance de ses firmes de grande taille. De cette façon, les dépenses en R&D des 15 principales firmes américaines ont été d'environ 12,24 milliards d'euros en 2009 alors que pour les 15 principales firmes européennes, les dépenses en R&D ont été d'environ 3,33 milliards d'euros sur la même période. En moyenne, l'intensité de la R&D par rapport au chiffre d'affaires des 15 principales firmes américaines et européennes a

été respectivement de 21,1% et 19,25%, alors que l'intensité de la R&D par employé a été respectivement d'environ 42,5% et 29,5%. En termes de chiffre d'affaires, les 15 principales firmes américaines cumulent 82,6 milliards d'euros contre 22,8 milliards pour les 15 principales firmes européennes (Tableau 7).

Tableau 7. Chiffres clés des 3 principales firmes européennes entre 2005-2011

Employés en R&D	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
SAP (DE)	11002	11801	12951	15547	14813	14991	15861
SAGE (UK)	2256	2300	2314	2314	2248	2076	4000
DASSAULT SYSTEM (FR)	2500	2678	3349	3500	3600	3700	1740
Total	15758	16779	18614	21361	18413	14991	21601
Chiffre d'Affaires (€ M)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
SAP (DE)	8,4	9,4	10,2	11,5	10,6	12,4	14,2
SAGE (UK)	1,13	1,36	1,78	1,36	1,61	1,68	1,74
DASSAULT SYSTEM (FR)	0,93	1,17	1,25	1,33	1,25	1,56	0,55
Total	10,46	11,93	13,23	14,19	13,46	15,64	16,49
Investissement en R&D (€ M)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
SAP (DE)	1,1	1,2	1,4	1,6	1,5	1,7	1,9
SAGE (UK)	0,12	0,14	0,15	0,14	0,20	0,19	0,18
DASSAULT SYSTEM (FR)	0,26	0,28	0,29	0,28	0,30	0,32	0,33
Total	1,48	1,62	1,84	2,03	2,00	2,21	2,41
Chiffres clés du TOP 3 par rapport au TOP 100							
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Employés en R&D en %	42,59	44,63	44,75	41,06	33,98	27,12	36,22
Chiffre d'Affaires en %	49,81	54,23	55,13	56,76	49,85	50,45	44,57
Investissement en R&D en %	54,73	49,15	49,83	56,36	52,61	51,34	42,29
Profits sur chiffre d'affaires en %	73,0	83,0	73,0	62,0	58,0	40,0	60,0

*TOP 100 selon le classement du TRUFFLE (2010), et EU Industrial R&D Investment Scoreboard (2007-2010)

L'Europe possède également des acteurs leaders mondiaux dans certains domaines. Ainsi, les 3 plus grands acteurs européens (parmi le TOP100) concentrent une partie significative des revenus, des emplois, des investissements et des profits entre 2005-2011 (voir le Tableau 8). Parmi, les 100 plus grands acteurs Européens, la firme Allemande SAP est le plus grand concepteur de logiciels en Europe. Elle est aussi la quatrième dans le monde¹⁶. Cette firme est spécialisée dans les systèmes de gestion et de maintenance, et se démarque nettement puisqu'elle concentre parmi le TOP100 environ 30% des employés en R&D, 41% du chiffre d'affaires et 38% des investissements en R&D, en moyenne entre 2005 et 2011. De plus, d'autres leaders nationaux tels que l'anglais SAGE, spécialisé dans les progiciels de gestion intégrés ou le français DASSAULT SYSTEMS, spécialisé quant à lui, dans la gestion du

¹⁶ Voir l'annexe A du chapitre 1 (étude de cas) concernant les principales caractéristiques de SAP.

cycle de vie du produit (Product Lifecycle Management (PLM)), sont des leaders mondiaux dans leur domaine.

En résumé, la domination américaine dans le secteur du logiciel peut être relativisée à plusieurs niveaux : i) les biens et les services logiciels et par conséquent le secteur en général, sont extrêmement hétérogènes ii) l'Europe possède de nombreux atouts solides dans plusieurs domaines logiciels iii) l'Europe possède par ailleurs des firmes leaders dans certaines technologies iv) les modèles de production et d'innovation en Europe sont constitués par des petites sociétés qui s'adaptent aux besoins des marchés locaux. Les efforts d'innovation et les outputs de l'innovation des petites sociétés ne sont pas faciles à mesurer dans le secteur mais cela ne signifie pas qu'ils n'existent pas.

Tableau 8. Investissement en R&D des 15 principales firmes américaines et européennes en 2009 (SIC 9537)

Entreprise	Pays	R&D-2011	Revenues-2011	R&Dint.	Profits-2011	Profitabilité	Employés-2011
		€m	€m	%	€m	%	#
1 Microsoft	Etats-Unis	7582,5	56977,4	13,3	17050,0	29,9	94000
2 IBM	Etats-Unis	4219,0	82630,8	5,1	16918,6	20,5	433362
3 Google	Etats-Unis	3989,5	29295,2	13,6	9376,3	32,0	32467
4 Oracle	Etats-Unis	3495,6	28689,2	12,2	10864,1	37,9	115166
5 Yahoo!	Etats-Unis	925,2	3852,1	24,0	637,4	16,5	14100
6 Symantec	Etats-Unis	748,9	5201,3	14,4	877,2	16,9	20500
7 Adobe Systems	Etats-Unis	570,4	3258,6	17,5	925,2	28,4	9925
8 Intuit	Etats-Unis	556,5	3208,1	17,3	909,7	28,4	8500
9 Autodesk	Etats-Unis	437,8	1712,3	25,6	273,8	16,0	7500
10 Synopsys	Etats-Unis	382,5	1186,8	32,2	164,5	13,9	6803
11 CA	Etats-Unis	359,4	3720,5	9,7	1117,6	30,0	13600
12 SunGard Data Systems	Etats-Unis	334,6	3402,9	9,8	257,4	7,6	17500
13 Cadence Design Systems	Etats-Unis	312,8	888,7	35,2	93,3	10,5	4700
14 Facebook	Etats-Unis	299,9	2868,1	10,5	1357,1	47,3	3200
15 Citrix Systems	Etats-Unis	299,1	1705,2	17,5	322,3	18,9	6936

Entreprise	Pays	R&D-2011	Revenues-2011	R&Dint.	Profits-2011	Profitabilité	Employés-2011
		€m	€m	%	€m	%	#
1 SAP	Allemagne	1939,0	14233,0	13,6	4863,0	34,2	55765
2 Amadeus	Espagne	347,5	2759,1	12,6	837,2	30,3	8161
3 Dassault Systemes	France	329,3	1783,0	18,5	428,6	24,0	9552
4 UBISoft Entertainment	France	306,5	1061,3	28,9	45,6	4,3	6927
5 Indra Sistemas	Espagne	189,3	2688,5	7,0	269,6	10,0	31092
6 Sage	Royame-Uni	181,4	1594,1	11,4	412,1	25,9	13565
7 Amdocs	Royame-Uni	171,5	2455,9	7,0	312,5	12,7	19826
8 Invensys	Royame-Uni	170,9	3033,9	5,6	182,8	6,0	20634
9 Wincor Nixdorf	Allemagne	100,2	2328,2	4,3	162,4	7,0	9257
10 Software	Allemagne	88,1	1098,3	8,0	270,1	24,6	5535
11 Gameloft	France	86,8	164,4	52,8	21,1	12,8	5461
12 Misys	Royame-Uni	82,8	563,6	14,7	61,2	10,9	
13 Kaspersky Labs	Royame-Uni	62,4	416,3	15,0	23,1	5,5	2298
14 Unit4	Pays bas	56,8	454,6	12,5	38,5	8,5	4246
15 Cegedim	France	51,6	911,5	5,7	79,8	8,8	8237

Notes: CAGR = compound annual growth rate

Source: EC (2012), 2012 EU Industrial R&D Investment Scoreboard, European Commission, Joint Research Centre.

Conclusions du chapitre 1

Le logiciel est une technologie complexe dont la principale caractéristique est de s'incarner dans des réalisations de nature immatérielle et intellectuelle. Nous avons étudié les caractéristiques des biens logiciels et leurs implications dans la définition du secteur. De même, nous avons analysé les particularités de l'innovation dans le secteur et l'importance des droits de propriété intellectuelle. La protection juridique occupe une place prépondérante dans la production et la diffusion de logiciels. Les DPI sont cœur des deux modèles d'innovation qui caractérisent le secteur. Ils sont donc au cœur de la définition du secteur. Ils apparaissent comme des structures juridiques qui influencent les rendements des investissements novateurs, les structures de marché et l'orientation de l'innovation. L'innovation logicielle est un processus collectif, cumulatif et incertain. Le droit de la propriété intellectuelle structure l'organisation de l'innovation logicielle en tant que processus cumulatif et collectif. Le DPI, s'adapte aux stratégies des firmes et organise le marché. Il favorise l'émergence de collaborations entre les acteurs et les innovations, réduit l'incertitude, favorise l'apparition d'acteurs dominants. Il participe donc à la structure de pouvoirs entre les firmes.

Nous avons étudié les différences de physionomie et de performances des industries américaines et européennes. Nous avons montré qu'il y a bien un leadership américain dans l'informatique et les logiciels mais l'Europe possède des atouts dans de nombreux segments logiciels. Il y a bien une domination américaine dans les logiciels et l'informatique. Elle est le résultat de plusieurs phénomènes construits au fil de l'histoire du secteur qui favorisent l'émergence d'acteurs dominants : i) l'avantage pris lors de l'émergence de l'industrie du logiciel à la fin des années 1960 ; ii) La capacité de l'industrie américaine à gérer le changement technologique à travers l'émergence ou la gestion de successives vagues d'innovation ou des réseaux technico-économiques caractérisant l'informatique ; iii) la capacité des firmes à verrouiller à leur avantage le changement technologique des logiciels et des nombreux composants informatiques ; iv) l'industrie américaine du logiciel bénéficie d'un marché intérieur considérable et avide de technologies. Elle

tire considérablement profit de sa proximité avec les fabricants de composants et d'ordinateurs. v) Le leadership américain peut s'expliquer grâce aux efforts novateurs de ses firmes en termes d'intensité de la R&D. Par conséquent, les firmes américaines sont très bien positionnées sur les marchés internationaux. Cependant, la domination américaine a été relativisée étant donnée l'hétérogénéité des biens et des besoins logiciels. La production de logiciels en Europe est basée principalement sur les petites sociétés qui fournissent des services informatiques pour les marchés locaux. Le modèle de production et l'innovation logicielle en Europe seraient basés sur la capacité des petites sociétés informatiques à s'adapter aux besoins des utilisateurs. Il n'existe pas de domination absolue des Etats-Unis sur l'Europe. Dans des nombreuses activités des services, les firmes européennes possèdent des technologies de pointe qui contredisent la thèse d'une domination américaine dans les services informatiques. Enfin, dans de nombreuses technologies émergentes, il n'existe pas encore de domination car la consolidation d'acteurs dominants n'est pas toujours réalisée.

Chapitre 2

**Les formes des DPI et des structures financières dans la
stratégie des firmes du logiciel.**

Introduction du Chapitre

Ces trente dernières années, l'Europe a mis en place de nombreuses politiques afin de favoriser le dynamisme de son industrie du logiciel et son l'industrie informatique en général car ces dernières sont considérées comme un vecteur de croissance, d'innovation et d'emplois hautement qualifiés. De cette façon, l'innovation dans le secteur du logiciel apparaît associée à une construction politique et réglementaire. Notre analyse rejoint l'analyse politique des industries de Jullien and Smith (2008). En effet, la concurrence entre les firmes dans l'industrie du logiciel n'a pas été menée seulement dans les marchés de biens et services. Elle prend également place dans les arènes où s'organise l'accès aux ressources structurant l'industrie telles que le travail (ingénieurs et managers compétents et polyvalents), la finance (comme le capital-risque spécialisé et l'introduction en bourse) et les droits de propriété intellectuelle (à travers les brevets et les normes à des fins stratégiques). Au niveau politique, les différents Etats et la Commission Européenne (CE) ont conçu de nombreuses politiques pour stimuler la demande et supprimer de nombreuses barrières pour permettre l'adoption des TIC, réduire la fragmentation du marché, améliorer l'accès au financement privé à risque (capital-risque et introduction en bourse) notamment pour les PME et au financement public pour investir dans l'éducation et soutenir la R&D et l'innovation¹⁷.

De nombreuses mesures prises ainsi ont été influencées par le succès américain. Pour faire face à l'absence d'un marché unifié, l'Europe a mis en place deux processus d'harmonisation de politiques et de création d'un marché unifié, lesquels ont été largement acceptés et encouragés par les industriels des NTIC. Dans ces processus, une attention toute particulière a été portée à la mise en place «d'un marché intérieur de services»¹⁸ et au soutien aux PME dans le but de renforcer leur compétitivité en facilitant leur établissement et leur fonctionnement dans le marché

¹⁷ L'annexe B présente l'analyse menée dans la cadre du projet ICATSEM concernant la stratégie politique pour l'innovation en Europe.

¹⁸ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:376:0036:0068:fr:PDF>

unique¹⁹. De même, plusieurs initiatives pour soutenir la croissance des PME ont aussi été supportées par les industriels des secteurs des technologies de l'information et particulièrement des logiciels. Ainsi, ces dernières années ont été mises en place plusieurs directives européennes telles que «the European Charter for Small Enterprises²⁰» (13 Juin 2000) ou « the Small Business Act » pour l'Europe²¹ (SBA) adopté en Juin 2008.

Le succès du modèle américain a ainsi influencé de nombreuses réglementations cherchant à favoriser le développement des industries européennes du logiciel. Nous étudierons la spécificité des deux formes institutionnelles structurant le secteur: les droits de propriété intellectuelle (DPI) et les institutions financières (principalement le capital-risque et le marché financier). Nous montrons ici l'importance de ces deux institutions dans la dynamique sectorielle. Nous précisons la teneur des débats qui ont entouré leur conception et montrons comment, dans les faits, l'importance de la finance et des DPI se manifeste aussi bien aux Etats-Unis qu'en Europe. Nous exposons les transformations réglementaires concernant la propriété intellectuelle et tout particulièrement l'émergence du brevet logiciel aux Etats-Unis, largement adopté par les principales firmes ainsi que par de nombreuses sociétés en croissance. Nous étudions également les mutations réglementaires qui ont ouvert la voie à un certain type de brevetabilité «très restreint» du logiciel en Europe. Dans ce domaine l'influence américaine a été déterminante malgré de nombreuses résistances pour empêcher la brevetabilité du logiciel. De la même manière, nous étudions les transformations réglementaires en matière de financement aux Etats-Unis et en Europe. Le modèle américain est le «modèle de référence» pour le financement par le marché. Les Etats-Unis ont le leadership en ce qui concerne le capital-risque (depuis les années 1980). Ils ont également le leadership en ce qui concerne le financement par les marchés financiers (depuis les années 1970 avec l'émergence du NASDAQ). Le capital-risque américain est devenu le modèle de référence du capital-risque européen depuis le milieu des années 1990

¹⁹ http://ec.europa.eu/internal_market/company/docs/epc/proposal_fr.pdf

²⁰ <http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sme/best-practices/charter/>

²¹ http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sme/small-business-act/index_fr.htm

alors que le NASDAQ a inspiré la création de nouveaux marchés en Europe tels que l'*Alternative Investment Market (AIM)* anglais (en 1995), le nouveau marché français (en 1996), le Neuer Markt allemand (en 1997), entre autres. Cependant, aujourd'hui le système de financement pour les firmes du logiciel en Europe continue d'être relativement faible et fragmenté par rapport aux Etats-Unis.

Dans ce chapitre, nous étudierons la manière dont les droits de propriété intellectuelle (DPI) et les institutions financières se sont articulés aux Etats-Unis et en Europe. Nous examinons comment les différences dans la forme des institutions expliquent les différences de performance et d'organisation du secteur. Nous montrons ainsi que plutôt que de se cantonner à l'examen de leurs influence respective, il convient d'analyser les interactions entre ces deux institutions leurs effets sur le comportement et les performances des firmes. La notion de complémentarité institutionnelle est ainsi mobilisée pour comprendre l'effet conjoint des institutions sur les performances des firmes du secteur. Nous analyserons grâce à ce concept le jeu d'interactions entre les DPI et les marchés financiers et leur rôle dans la consolidation d'une industrie très dynamique aux Etats-Unis (Coriat et Orsi, 2003). Le point central de notre analyse des complémentarités institutionnelles réside dans les «croyances partagées» des acteurs sur la valeur du brevet qui expliquerait le comportement des investisseurs pour faire leur choix d'investissement et celui des responsables des stratégies technologiques des start-up pour différencier la firme et attirer de nouvelles ressources. L'analyse de cette croyance et du comportement des firmes et des investisseurs nous permet de comprendre comment ces deux institutions renforcent leur efficacité et leur usage mutuellement et comment les besoins de financement expliquent en partie le recours accru au brevet dans un secteur dans lequel il est pourtant très contesté. Elle nous permettra aussi de positionner l'Europe vis-à-vis des Etats-Unis afin de cerner les opportunités ouvertes par les dotations institutionnelles européennes. En effet, l'Europe possède de solides atouts pour positionner son industrie du logiciel et des complémentarités potentielles entre le système de brevet et les structures financières en Europe sont aussi envisageables. De cette façon, le financement des firmes de haute technologie par capital-risque et l'introduction en bourse sont très dynamiques. Par ailleurs, le

système de brevets est de grande qualité et permet de protéger solidement l'innovation d'une part et de délivrer des puissants signaux aux investisseurs d'autre part.

SECTION I La spécificité des formes institutionnelles associées au secteur

Cette section est consacrée à la spécificité de deux formes institutionnelles structurant le secteur : les Droits de propriété Intellectuelle (DPI) et les institutions financières. A travers une large revue de la littérature, cette section vise à analyser les problèmes posés par les DPI sur les performances des firmes du secteur. En matière de DPI, nous observerons d'abord l'émergence d'un régime de DPI flexible mais pro-brevet aux Etats-Unis (1.1). Nous constatons ainsi l'émergence historique du brevet logiciel (1.1.1) et son adoption progressive par les principaux groupes de logiciels (1.1.2). Nous analysons ensuite ses caractéristiques comme outil de protection de l'innovation (1.2). Nous mettrons alors principalement en évidence ses effets contradictoires en matière d'innovation (1.2.1) mais également l'utilisation stratégique qu'en font les firmes (1.2.2). De plus, nous étudions les principales différences entre le système de brevet américain et les systèmes de brevet en Europe (1.3). Nous nous focalisons alors sur la brevetabilité restreinte du logiciel en Europe (1.3.1). Nous étudions ensuite les principales différences juridiques entre les systèmes des brevets (objet admissible/ conditions et procédures) (1.3.2). En matière d'institutions financières, nous observons la difficulté des firmes du logiciel (très risquées, jeunes, peu solvables, à profitabilité variable, à modèles productifs complexes, entre autres) à attirer le financement des tiers (2.1). Nous examinons, en particulier, l'importance du financement public et du capital-risque (2.1.1) ainsi que le rôle des marchés financiers (2.1.2) dans l'émergence et la consolidation de l'industrie aux Etats-Unis et Europe. Cette première section permet de constater que les droits de propriété intellectuelle et les structures financières ne sont pas homogènes dans l'espace, et que la différence dans la forme prise par ces institutions a un impact différencié dans les performances des industries

1. La spécificité du Droit de la Protection Intellectuelle dans l'industrie

L'objectif de cette première sous-partie est d'établir une revue de la littérature sur l'émergence d'un régime de DPI flexible mais pro-brevet aux Etats-Unis. On montrera la spécificité du DPI dans l'industrie logiciel. En effet, les logiciels peuvent prétendre à la fois au droit d'auteur et au brevet. Ce cadre, construit politiquement et historiquement, a été le résultat d'une adaptation des cadres existants en matière de propriété intellectuelle et de la difficulté à définir le « meilleur » mécanisme ou compromis pour inciter à l'innovation et à la diffusion technologique et cognitive. Pour comprendre la particularité des DPI, nous observons l'émergence historique du brevet logiciel, son adoption progressive par les principaux groupes de logiciels (1.1) et les caractéristiques du brevet comme outil stratégique plus que de protection de la PI (1.2). Sur ces bases, nous examinons les principales différences entre le système de brevet américain et les systèmes de brevet en Europe (1.3)

1.1 Emergence et adoption d'un régime de DPI pro-brevet aux Etats-Unis

Bien qu'il existe de nombreuses études sur l'émergence d'un régime favorable à la brevetabilité du logiciel aux Etats-Unis, il y a un consensus assez large sur l'utilisation combinée des plusieurs droits en même temps dans l'industrie (Baldwin et Hanel, 2003). De cette façon, une firme de logiciel peut combiner des droits de même nature (plusieurs brevets) ou de nature différente (droit d'auteur et brevet). Cependant, avec l'émergence et le renforcement de la protection par le brevet, d'autres droits perdent une partie de leur portée stratégique. L'objectif de cette sous-partie est d'observer les transformations historiques et politiques qu'ont permis l'émergence d'un régime de DPI pro-brevet aux Etats-Unis (1.1.1) ainsi que l'adoption par les industriels du brevet logiciels (1.1.2).

1.1.1 Les transformations historiques et politiques du régime de DPI aux Etats-Unis

Dans les années 1970, le droit des brevets aux États-Unis interdisait les brevets sur les idées abstraites, les découvertes scientifiques, et les lois naturelles. La constitution présente en effet les brevets comme un moyen de favoriser le progrès des «arts utiles» ou arts industriels, par opposition aux «arts libéraux», qui comprennent la science, les mathématiques et les sciences humaines (Bessen et Hunt, 2007). De ce fait, les algorithmes mathématiques ont été déclarés objets non-brevetables par la Cour Suprême américaine dans le cas *Gottschalk v. Benson* (1972)²² pour lequel la Cour avait considéré le logiciel comme un enchaînement d'algorithmes non brevetables (Cohen et Lemley, 2001).

Dès lors, le droit d'auteur²³ (*copyright*) s'est établi comme le mécanisme préféré pour protéger les innovations logicielles. Le *copyright* émerge comme le résultat d'un choix politique dans les années 1970 (Menell, 1989). De ce fait, sur la base des recommandations de la *Commission on New Technological Uses* (CONTU), le Congrès américain a adopté la protection du droit d'auteur pour les innovations logicielles dans la loi appelée *Copyright Act* en 1980 (Graham et Mowery, 2003).

Cependant, les préoccupations croissantes du Congrès et des tribunaux américains relatives à la stagnation industrielle et au manque d'innovation technologique dans les années 1980 et 1990 ont abouti au renforcement des droits de

²² Cette loi déclare que les algorithmes mathématiques n'étaient pas brevetables car "*the patent would wholly pre-empt the mathematical formula and in practical effect would be a patent on the algorithm itself.*". La Cour Suprême déclarait aussi l'impossibilité d'examiner des programmes informatiques étant donné l'absence d'une technique de classification et d'état d'art : "*The Patent Office now cannot examine applications for programs because of a lack of a classification technique and the requisite search files. Even if these were available, reliable searches would not be feasible or economic because of the tremendous volume of prior art being generated. Without this search, the patenting of programs would be tantamount to mere registration and the presumption of validity would be all but nonexistent*" (*Gottshalk v. Benson*, 409 U.S.63 1972).

²³ Le droit d'auteur protège l'œuvre de l'esprit laquelle possède des caractéristiques d'un bien public : non exclusif et non rival. Une œuvre de l'esprit est un bien non exclusif car il n'est pas possible d'empêcher à un tiers de l'utiliser. Il possède aussi des caractéristiques d'un bien non rival car son utilité ne décroît pas si le nombre d'utilisateurs augmente et s'il n'y a pas de destruction dans l'usage.

brevet à travers des changements d'ordre législatif et à l'ouverture progressive de la brevetabilité à de nouveaux objets tels que le logiciel. L'émergence progressive du brevet logiciel se voit accompagnée par une perte de valeur et finalement l'abandon progressif du copyright (Graham et Mowery, 2003). Dès lors, tandis que le copyright est plus difficile à valoriser et semble perdre de son importance dans la protection des logiciels, le système de brevet américain a progressivement renforcé la valeur économique des brevets logiciels. De cette façon, l'autorisation de breveter des algorithmes en plus d'une politique pro-brevet menée par les Etats-Unis renforcent progressivement la valeur du brevet logiciel et créent des incitations pour les firmes à breveter davantage (Coriat et Orsi, 2002).

En 1981 (avec le cas *Diamond v. Diehr*, 450 US 175), la Cour Suprême a clarifié l'applicabilité de la protection du brevet aux inventions impliquant des logiciels utilisés dans des procédés industriels. Suite à cela, l'office des brevets a libéralisé sa politique d'attribution (Samuelson, 1990). Ce cas de jurisprudence soutient l'idée que le logiciel peut être breveté, quand il est introduit dans un processus qui satisfait une certaine exigence d'utilité prévue par la loi (Coriat et Orsi, 2002).

1.1.2 L'adoption progressive du brevet logiciel aux Etats-Unis par les industriels

L'émergence du brevet logiciel aux Etats-Unis mais également d'autres changements institutionnels intervenus dans les années 1980 ont renforcé la valeur économique et stratégique du brevet pour les firmes. Ainsi, la mise en place du Bayh-Dole Act dans les années 1980 autorise le dépôt de brevets sur les résultats de la recherche financée par les fonds publics. Le Bayh-Dole Act permet à des firmes privées de licencier des brevets de façon exclusive ou de créer des « joint-ventures » afin d'exploiter ces brevets. L'explosion du nombre des brevets déposés par les laboratoires universitaires a suivi. Le Bayh-Dole Act permet aussi la mise en place des offices de transfert technologique (*Technological Transfer Offices*) qui

encouragent le dépôt de brevets avant publication et favorisent la réduction des délais des dépôts des brevets. Le Bayh-Dole Act a favorisé l'intensité des relations technologiques entre le milieu industriel et universitaire aux Etats-Unis (Carpentier et al. 2007)

Après cette décision de la Cour Suprême, un autre changement important largement décrit par la littérature est la création de la *Court of Appeals for Federal Circuits* (CAFC) le 1^{er} Octobre, 1982. Plusieurs modifications ont été introduites depuis la création de la CAFC (voir Hall et Ziedonis, 2001; Coriat et Orsi, 2002, et Bessen et Hunt, 2007 pour un bon résumé). La CAFC a renforcé le droit d'exclusion fourni par le brevet grâce à une redéfinition de «la doctrine des équivalents» (Jaffe, 2000; Coriat et Orsi, 2002). Le nouveau tribunal a assoupli les conditions de brevetabilité en relâchant principalement le critère de non-évidence pour un homme du métier lors de l'évaluation d'un brevet. Le tribunal a été également plus disposé à accorder des injonctions préliminaires pour les brevets au cours de poursuites en contrefaçon (Lanjouw et Lerner, 1996) et à accorder des dommages-intérêts plus importants (Merges, 1997; Kortum et Lerner, 1998). Le tribunal a relevé le standard probatoire nécessaire pour contester la validité des brevets et il a élargi l'interprétation de la portée du brevet (Merges, 1997).

De plus, l'émergence de la *Semiconductor Chip Protection Act (SCPA)* en 1984, a assoupli davantage les conditions de brevetabilité (nouveau, non-évidence et utilité) lors de l'examen des technologies dans ce domaine particulier. Enfin, le *National Cooperative Research Act (NCRA)*, votée en 1983, permet l'assouplissement des règles antitrust afin de promouvoir une coopération efficace entre les entreprises de R&D. Cette initiative permet le lancement de grands programmes fortement subventionnés par des fonds publics, y compris le célèbre *Semitech* dans les semi-conducteurs. (Coriat et Orsi, 2002).

Au fil du temps, l'interprétation par les tribunaux du copyright appliqué aux logiciels s'est transformée en une forme plus limitée de protection, favorisant davantage l'émergence du brevet logiciel (Graham et Mowery, 2003). Comme le

montrent Lemley et O'Brien (1997) et Graham et Mowery (2003), entre la fin des années 1980 et le milieu des années 1990, la protection du droit d'auteur a été supplantée par l'utilisation des brevets logiciels, par les principaux éditeurs de logiciels (Figure 18 et 19).

Figure 18. Tendence du copyright des 15 principaux éditeurs des logiciels (en 1997), moyenne mobile d'ordre 3, entre 1988-1996 (Droits d'auteur enregistrés par 100 \$ de R&D 1992 \$)

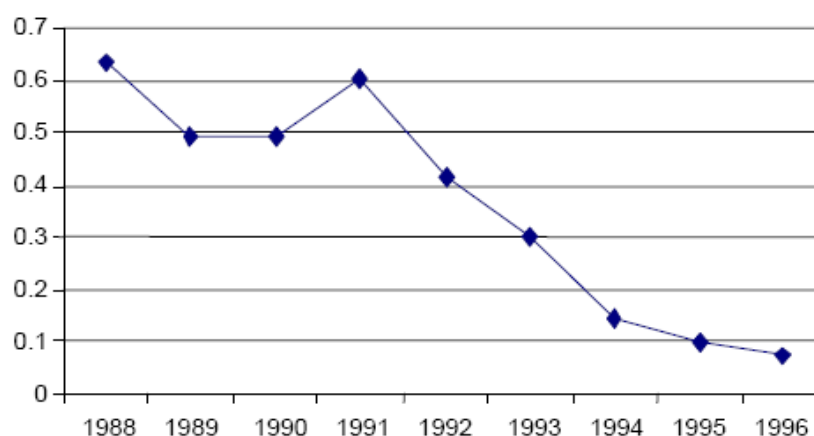
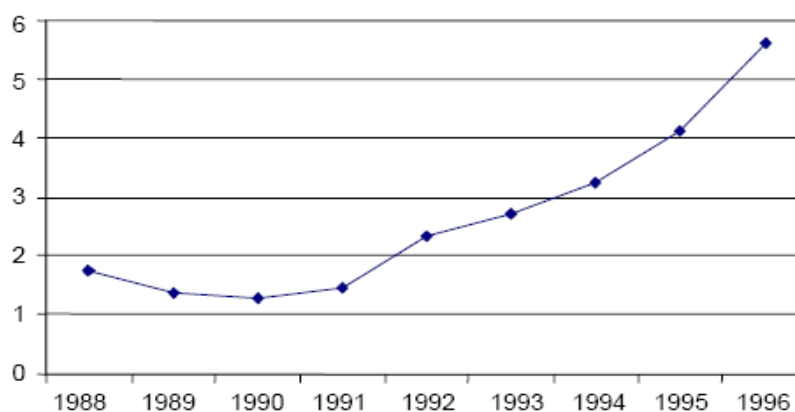


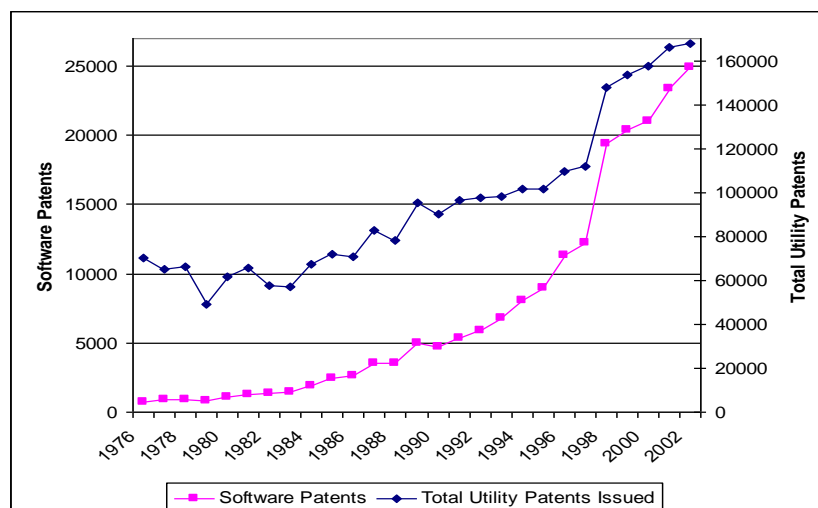
Figure 19. Tendence du brevet des 15 principaux éditeurs des logiciels (en 1997), moyenne mobile d'ordre 3, entre 1988-1996 (Brevets par 100 \$ de R & D 1992\$)



Source: Graham et Mowery (2003) en utilisant la collecte des droits d'auteurs déposés à la bibliothèque du Congrès des États-Unis (LOC)

Selon la plupart des observateurs, ces changements ont favorisé une augmentation notable des décisions confirmant la validité des brevets logiciels (Figure 20), une augmentation importante des procès pour contrefaçon des brevets favorisant les détenteurs, et des compensations pour dommages et intérêts plus élevés (Graham et Mowery, 2003 ; Bessen et Hunt, 2007). L'explosion des dépôts de brevets logiciels aux Etats-Unis a été aussi accompagnée d'une utilisation accrue des brevets par les principales firmes du secteur du logiciel. Le brevet est ainsi devenu progressivement un actif stratégique des firmes.

Figure 20. Nombre des brevets logiciels accordés aux Etats-Unis entre 1976-1997



Source: Bessen et Hunt, 2007. Note: Utility patents excluding reissues. Successful patent applications are the number of patent applications that resulted in patent grants by the end of 1999.

1.2 Le brevet comme outil de protection et ses particularités dans le secteur

L'adoption du brevet comme mécanisme de protection de l'innovation par les firmes du secteur a été particulièrement contestée (Merges et Nelson, 1990; Scotchmer, 1991; Jaffe et Lerner, 2004; Bessen et Meurer, 2008 ; Merges 2006). L'effet du brevet sur la dynamique innovatrice des firmes du secteur peut en effet être très contradictoire. Cependant, peu de travaux permettent d'établir un impact

négalif du dépôt de brevet dans le secteur. Il y a très peu d'études sur l'effet du brevet dans l'activité des start-up et des PME du secteur. Cela est dû principalement à la rareté des données (Mann et Sager, 2007) et au fait que, pour ce type de firme, le recours à la protection par le brevet semble historiquement peu répandu (Bessen, 2003; Bessen et Hunt, 2007).

L'objectif de cette sous-partie est de confronter les différentes approches ayant pour objet de juger de l'opportunité du dépôt de brevet. L'effet de ce dernier sur l'innovation est au cœur du débat étant donné les caractéristiques des biens logiciels (1.2.1). Cependant, malgré les controverses, le brevet est de plus en plus utilisé comme un actif stratégique des firmes (1.2.2).

1.2.1 Le brevet est une barrière à l'innovation dans les technologies complexes

L'utilisation du brevet logiciel est largement critiquée dans la littérature. Certaines critiques portent sur son inefficacité et son impact sur l'innovation. Bessen et Maskin (2009) considèrent ainsi que l'imitation favorise l'innovation logicielle car elle est *séquentielle* et *complémentaire* alors que le recours aux brevets peut la décourager. De cette façon, en bloquant l'imitation, les brevets peuvent réduire le bien-être général, car ils limitent l'innovation future. L'imitation incrémenterait la « *diversité* » technologique car les imitateurs élaboreraient des produits différenciés.

L'ultra-spécificité des connaissances propres à l'industrie du logiciel implique que des firmes spécialisées dans un segment de marché aient des difficultés à s'étendre ou se réorienter vers d'autres segments. Ainsi, Levin et al., (1987) ont mis en évidence que des mécanismes tels que le "*lead-time advantage*" ou le "*moving down the learning curve quickly*" peuvent être plus efficaces comme moyen de protection (Bessen et Maskin, 2009). De plus, les brevets seraient parmi les mécanismes les moins efficaces pour s'approprier les rendements des investissements en R&D. Cela est particulièrement vrai dans les industries caractérisées par un rapide changement technologique et un court cycle de vie du

produit tels que les industries du logiciel et des semi-conducteurs. L'analyse d'Allison et al. (2003) met en évidence en fait que les brevets logiciels sont plus susceptibles d'être attaqués en justice qu'un autre type de brevet. Bessen et Meurer (2008) considèrent que l'augmentation des procédures pour contester des brevets et l'utilisation stratégique de ceux-ci rendent plus difficile l'identification par l'utilisateur du propriétaire de la technologie brevetée.

Les brevets logiciels seraient davantage déposés par des firmes dont l'activité principale n'est pas le logiciel. Partant de ce constat, Bessen et Hunt (2007) analysent les propriétaires des brevets logiciels entre 1996 et 1999. Ces auteurs montrent que le secteur manufacturier possède environ 69% des brevets logiciels et les éditeurs des logiciels seulement 6%. L'analyse plus récente de Lippoldt et Stryszowski (2009) confirme le faible dépôt de brevets des firmes du logiciel. Ainsi, seulement 1.3% des brevets logiciels seraient déposés alors que l'électronique et les équipementiers des télécommunications déposeraient 61.9% de ce type de brevets, le secteur de télécommunications environ 8.2% et l'automobile 3.9% (Lippoldt et Stryszowski, 2009). Le brevet serait utilisé comme une arme stratégique visant plus à bloquer les stratégies des concurrents qu'à favoriser sa propre capacité innovante.

1.2.2 Le brevet est un actif stratégique des firmes

Le dépôt de brevet stratégique est de plus en plus désigné comme la raison principale du dépôt des brevets dans l'industrie. Les firmes du logiciel seraient de plus en plus encouragées à se doter de brevets pour mieux positionner leurs activités d'innovation face à leurs concurrents ainsi que pour d'autres raisons stratégiques. Du dépôt de brevet défensif (éviter la contrefaçon) les firmes seraient passées au dépôt de brevet offensif (bloquer les concurrents).

La littérature pro-brevet a mis en évidence plusieurs facteurs favorisant le dépôt de brevet par des firmes du logiciel. Olsson & McQueen (2000) dégagent 7 facteurs qui influencent le dépôt de brevets des firmes du secteur des logiciels. Le premier est la croyance traditionnelle que les brevets sont un moyen efficace pour

décourager l'imitateur d'introduire des produits similaires sur le marché en profitant des investissements en R&D réalisés par ses concurrents. Les brevets favoriseraient donc la R&D dans le secteur car ils octroieraient un monopole temporaire à l'innovateur. Le deuxième facteur est que les brevets peuvent favoriser les investissements des tiers car ils indiquent le niveau technique d'une firme et le verrouillage des technologies qui sont revendiquées dans les brevets. Le troisième facteur est que les brevets peuvent être un moyen effectif de réduire le risque de voir des employés quittant la firme devenir de nouveaux concurrents. Le quatrième facteur est que les firmes peuvent être intéressées à licencier des technologies complémentaires brevetées (complémentaires car elles ne sont pas au cœur du *business model* de la firme) pour générer de nouveaux revenus. Le cinquième facteur concerne le dépôt d'un brevet relatif à une technologie que la firme n'est pas intéressée à exploiter, mais dont le but est de bloquer ou de retarder un concurrent. Le sixième facteur est de favoriser le dépôt de brevet de la firme pour stimuler son inventivité. Le dernier facteur favorisant le dépôt de brevets est de promouvoir l'image de la firme et des produits auprès des partenaires potentiels ou des clients. De plus, les dépenses en R&D associées aux brevets favoriseraient le succès de la firme ainsi que leur probabilité de survie dans un environnement concurrentiel.

La littérature a également mis en évidence que les firmes des industries high-tech essaient de résoudre les litiges des brevets à travers des licences croisées, des pools de brevets « patents pools » et d'autres mécanismes de coopération (Noel et Schankerman, 2006). Ces mécanismes sont précieux car l'innovation est fortement cumulative et souvent construite sur des composantes développées par plusieurs firmes. Le dépôt de brevet favoriserait l'accès aux technologies des concurrents (Grindley & Teece, 1997, Hall & Ziedonis, 2001). Cependant, la multiplication de brevets a favorisé la fragmentation des droits de propriété dans l'industrie. Cette fragmentation des DPI serait associée à une large incertitude réduisant l'efficacité des efforts en R&D car les firmes auraient besoin de disposer des licences sur des technologies complémentaires. Donc, l'explosion du nombre de brevets accordés est associée à une augmentation des coûts de transaction de la R&D qui encourage les firmes à breveter défensivement (Heller et Eisenberg, 1998). Dès lors, à travers les

dépôts de brevets une firme est capable de créer une externalité négative sur d'autres firmes. Cette externalité négative favoriserait une augmentation des coûts associés à la protection et l'appropriation des rentes de ses propres innovations.

Le dépôt de brevet stratégique serait ainsi devenu un référentiel commun des acteurs dominants du secteur. Les firmes établies utilisent de façon intensive les brevets logiciels afin d'ériger des barrières à l'entrée (Graham et Mowery, 2003). De cette façon, le dépôt de brevet stratégique peut apparaître lorsque des produits individuels impliquent de nombreuses inventions brevetables et lorsque coût d'obtention des brevets est suffisamment faible (Bessen et Hunt, 2007). Les firmes peuvent acquérir un grand nombre de brevets afin d'obtenir des avantages stratégiques même sur des produits qui n'ont pas forcément de succès. Les entreprises innovatrices peuvent acquérir des portefeuilles de brevets «défensifs» pour rendre une contre-menace crédible. Le résultat peut entraîner le licenciement croisé de l'ensemble des portefeuilles avec un paiement des redevances aux portefeuilles moins importants (Grindley et Teece, 1997).

1.3 Les différences Etats-Unis – Europe en matière de dépôt de brevet pour le secteur

Les pratiques de dépôt de brevets sur des technologies associées à l'industrie du logiciel ne sont pas les mêmes aux Etats-Unis et en Europe. Différentes études ont mis en évidence les grandes différences entre systèmes des brevets aux Etats-Unis et en Europe. En effet, une firme du logiciel souhaitant breveter une technologie particulière doit faire face aux différences dans le processus d'acceptation du brevet. L'objectif de cette sous-partie est d'étudier les principales différences entre le système de brevet américain et les systèmes de brevet en Europe. Nous nous focalisons tout d'abord sur le dépôt de brevets dans le domaine des logiciels plus restreint en Europe (1.3.1). Nous étudions ensuite les principales différences juridiques entre les systèmes des brevets (objet admissible/ conditions et procédures) (1.3.2). Sur cette base, nous comprenons la forte hétérogénéité en matière de brevetabilité du logiciel entre l'Europe et les Etats-Unis, ainsi que la difficulté des firmes européennes du logiciel pour obtenir des brevets.

1.3.1 La brevetabilité restreinte du logiciel en Europe

Le régime de propriété intellectuelle des logiciels européen est défini dans l'article 52 de la Convention de Munich de 1973²⁴. Il y est établi que les logiciels ne sont pas brevetables « en tant que tels ». Cette exemption est justifiée par l'argument selon lequel un logiciel « en tant que tel » n'appartient pas à un domaine technique. Par conséquent seul le droit d'auteur protège le logiciel, en tant que « création originale ». Les premières transformations qui ont amené progressivement l'émergence d'un certain type de brevet logiciel se sont mises en place à l'échelle nationale. En 1981, la cour d'appel de Paris dans l'arrêt SCHLUMBERGER avait indiqué *“qu'un procédé ne pouvait être privé de la brevetabilité pour le seul motif qu'une ou plusieurs de ses étapes sont réalisées par un ordinateur devant être commandé par un programme”*. Par conséquent, un logiciel peut faire partie d'un ensemble technique ou combinatoire susceptible d'être breveté. Plus précisément, un « *programme d'ordinateur* » peut être revendiqué et donc potentiellement breveté s'il répond à un « problème technique » ou impliquant des « considérations techniques » (Bertrand et Desrousseaux, 2005).

Partant de ce constat, la littérature a mis en évidence que les « considérations techniques » sont devenues le facteur décisif concernant la brevetabilité d'un « *programme d'ordinateur* » en Europe (Bakels and Hugenholtz, 2002; Boon, 2009; Turle and Knight, 2008). Ainsi, au niveau européen plusieurs décisions des chambres de recours et de la Grande Chambre de recours de l'Office européen des brevets (OEB) ont permis une meilleure distinction entre les inventions non-brevetables impliquant des programmes d'ordinateurs « en tant que tels » et les inventions brevetables liées à des programmes informatiques. Par exemple, en 1987, dans le cas appelé « *Vicom*²⁵/*Computer-related invention* », il a été établi qu'un procédé de traitement numérique d'une image est suffisamment technique pour le rendre brevetable en dépit du fait qu'il est basé sur une méthode mathématique. Dans

²⁴ La convention de Munich a aussi unifié la législation des divers pays en matière de brevetabilité.

²⁵ Affaire T 208/84 Chambre de Recours Technique du 15 juillet 1986, JO OEB 1987/014.

la décision « *Koch & Sterzel* » en 1988²⁶, l'office européen de brevet a estimé que le logiciel utilisé pour contrôler l'équipement à rayons X est suffisamment technique pour se qualifier pour la brevetabilité.

Dans le cas « *SOHEI* » en 1995²⁷, il a été établi que même un « modèle d'affaires » avec des considérations techniques peut être brevetable malgré le fait qu'un « modèle d'affaires » est impliqué. Cependant, l'OEB a indiqué que la participation d'une machine n'est pas suffisante en soi pour conférer à une invention liée à un « modèle d'affaires » le caractère technique nécessaire à la brevetabilité. De la même manière, dans le cas appelé « *IBM / Computer program* » de 1997²⁸ l'OEB a considéré pour la première fois qu'un programme d'ordinateur pourrait faire l'objet d'un brevet en soi. L'OEB a déterminé qu'une invention logicielle est brevetable si *"le programme, une fois mis en œuvre ou chargé sur un ordinateur, produit ou est capable de produire un effet technique allant au-delà des interactions physiques "normales" existant entre le programme (logiciel) et l'ordinateur (matériel) sur lequel il fonctionne."* Ainsi, l'OEB a indiqué que les produits logiciels peuvent obtenir un brevet. Cette décision implique que la vente non autorisée d'un tel programme d'ordinateur breveté devient une contrefaçon directe de brevet (Bakels et Hugenholtz , 2002).

Selon Warusfel (2002), une invention considérée comme un programme « as such » est une invention qui ne présente aucun caractère technique autre que celui commun à toute utilisation des moyens informatiques; au contraire, une invention sous forme logicielle est brevetable (si elle est nouvelle et inventive) si elle présente une technicité supplémentaire autonome et dans ce cas, il est désormais possible de

²⁶ Chambre de Recours Technique, 21 mai 1987, JO OEB 1988/19 T26/86.

²⁷ Affaire T769/92, Chambre de Recours Technique, 31 mai 1994, JO OEB 1995/525.

²⁸ Affaires T 1173/97, *Computer program product/IBM* du 1er juillet 1998 (JO OEB 1999, p. 609) et T 935/97, *Computer program product II/IBM* du 4 février 1999.

revendiquer le programme lui-même. Warusfel (2002) constate donc que l'Europe a suivi la même direction que les Etats-Unis en matière de brevetabilité des inventions logicielles sans pour autant partir du même contexte juridique, ni mettre en œuvre les mêmes critères et les mêmes concepts.

Par conséquent, la brevetabilité d'une invention logicielle semble rester ouverte aux industriels (logiciel embarqué) mais reste relativement fermée aux concepteurs de logiciels (Editeurs et certaines SSII) car leur activité n'est pas considérée comme étant de nature technique par la seule utilisation d'un ordinateur. Ainsi, les ambiguïtés ou espaces d'interprétation dans la loi ont été largement exploités car de nombreux « brevets logiciels » ont été accordés en Europe. Selon Rentocchini (2011), l'Europe possédait plus de 30 000 brevets logiciels en 2006²⁹. Ces brevets sont caractérisés par une longueur moyenne de la procédure d'octroi plus importante que d'autres brevets ainsi que par un faible dépôt par des firmes appartenant au secteur du logiciel. L'analyse de Rentocchini (2011) conclut que les brevets logiciels semblent peu efficaces dans l'appropriation des retours de l'investissement en R&D des firmes du logiciel. Les principaux déposants de brevets logiciels à l'European Patent Office (EPO) sont les firmes du secteur des matériels (« *electronics and IT hardware* ») qui semblent avoir en la matière des fins stratégiques. De même, les brevets logiciels sont déposés notamment par des firmes américaines (38.63 %), japonaises (24.42 %), allemandes (10.12%), françaises (7.87%) et anglaises (3.78%)³⁰(Rentocchini, 2011). Cela semble confirmer que la brevetabilité des inventions mises en œuvre par un ordinateur dans le système de brevets européen serait favorable au logiciel embarqué³¹ et à certaines applications mais peu aux firmes du logiciel.

²⁹ L'auteur utilise une définition large de brevet logiciel prenant en compte des « *brevets logiciels purs* » ainsi que des inventions mises en œuvre par un ordinateur (« *computer implemented inventions* »).

³⁰ Cette analyse est cohérente avec les données de l'OCDE, les brevets liés aux logiciels (software-related patents), montrent que globalement les Etats Unis ont la part la plus importante des brevets liés aux logiciels en 1999 et 2003. L'UE-25 occupé la deuxième place collectivement et le Japon la deuxième place en tant que pays. L'ensemble des pays du graphique 19 représente 95,2% du total des brevets liés aux logiciels en 1999 et 93,1 % en 2003.

³¹ La forte tendance à breveter du logiciel embarqué n'est pas surprenant étant donné l'importance du logiciel dans le processus d'innovation de plusieurs secteurs et leurs fortes dépenses de R&D

Les règles concernant la brevetabilité des logiciels en Europe ont été très contestées pour leur ambiguïté qui entrainerait une « *insécurité juridique* ». Pour cette raison, elles ont fait l'objet d'un débat en vue de les modifier depuis le milieu des années 1990³². Le débat public oppose principalement certaines branches de l'industrie européenne, qui demandent de lever l'ambiguïté de la loi, et les concepteurs et utilisateurs de logiciels libres opposés à ce type de brevet.

1.3.2 Les principales différences entre l'USPTO et l'EPO pour une firme du logiciel

Le dépôt de brevet des technologies associées à l'industrie du logiciel n'est pas conditionné de la même manière aux Etats-Unis et en Europe. Différents travaux ont montré les grandes différences entre systèmes des brevets américain et européen (Hart et al., 1999; Beresford, 2001; Graham et al., 2002, van Pottelsberghe de la Potterie, 2010). Ces différences concernent les objets admissibles au brevet (spécialement la brevetabilité du logiciel), les conditions de dépôt de brevet³³ et les procédures administratives³⁴ qui assurent la qualité des brevets, entre autres. Dès lors, une firme productrice de logiciels souhaitant breveter une technologie particulière doit faire face aux différences dans le processus d'acceptation du brevet. La littérature a mis en évidence, par exemple, que l'US Patent and Trade Office (USPTO) semble avoir une approche moins stricte sur le périmètre de ce qui peut

concernant le logiciel par rapport à la R&D total. Selon les estimations pour 2007 d'IDATE, le poids de la R&D concernant le logiciel sur le total des dépenses en R&D pour « *l'électronique de consommation* » et l'équipement dans les télécoms est de 50% et 57% respectivement. Pour d'autres secteurs comme l'aérospatial et l'automobile le poids de la R&D pour les logiciels est de 36% et 27% du total des dépenses en R&D.

³² http://ec.europa.eu/prelex/detail_dossier_real.cfm?CL=fr&DosID=172020

³³ Les conditions de dépôt de brevet sont similaires mais pas identiques entre les USPTO (nouveau, utilité et non-évidence) et l'European patent office (nouveau, application industrielle et l'activité inventive « *inventive step* »).

³⁴ Par exemple l'examen ou re-examen de procédures (Graham et al., 2002), les frais de dossier entre office des brevets (Rassenfosse and van Pottelsberghe de la Potterie, 2010).

être breveté. Ceci favorise davantage le dépôt (Gallini, 2002). Au contraire, en accord avec les articles 52 (2) (c) et (3) de la convention sur le brevet Européen (EPC), les logiciels « en tant que tels » ne sont pas brevetables. Cependant, les « inventions mises en œuvre par logiciel », c'est-à-dire liant un logiciel et un système physique ayant un « effet technique », ne peuvent pas être privées de brevetabilité sous le seul prétexte qu'il y a un logiciel dans leur implémentation (Freedman, 2000; Rentocchini, 2011). De cette façon, la possibilité de breveter des « inventions mises en œuvre par logiciel » laisse la porte ouverte à un dépôt de brevet logiciel, mais sous une forme différente et beaucoup plus restrictive qu'aux Etats-Unis.

Une autre différence entre le système de brevet Européen et l'USPTO est l'absence d'un rapport de recherche et l'identification de l'état de l'art tel qu'il est imposé au déposant du brevet aux Etats-Unis. Dans ce dernier pays, une firme du logiciel souhaitant l'octroi d'un brevet doit présenter une liste « pertinente » de « l'état d'art³⁵ » concernant la technologie déposée. Pour des nouvelles technologies dans lesquelles il y a une absence de codification des inventions précédentes, cet « état de l'art » peut être particulièrement difficile à dresser. Van Pottelsberghe de la Potterie (2010) a mis en évidence que l'USPTO est soumis à d'éventuels « comportements trompeurs » qui consisteraient à ne pas proposer une liste « pertinente » de l'état de l'art, ou à cacher des références pertinentes parmi des références non pertinentes. Au contraire, à l'EPO, un examinateur est chargé d'identifier l'état de l'art à travers un rapport de recherche ce qui n'empêche pas le déposant d'inclure des références antérieures dans le document présenté.

De même, l'existence d'une période de grâce d'un an aux Etats-Unis rend plus attractif le dépôt de brevets auprès de l'USPTO. En effet, pendant cette période de grâce les déposants peuvent dévoiler leurs inventions (publier des rapports ou les présenter dans des conférences) sans les coûts associés au dépôt du brevet. En Europe, l'absence de la période de grâce est plus favorable à la protection des tiers (Van Pottelsberghe de la Potterie, 2010). A l'USPTO une firme du logiciel a aussi un

³⁵ L'état de l'art est souvent défini comme l'état des connaissances et des règles existantes sur un sujet d'étude dans tout domaine des sciences et techniques, arts et métiers.

degré de flexibilité plus important dans le nombre et le contenu des revendications au cours de l'examen³⁶. En outre, l'USPTO est aussi caractérisé par l'utilisation d'une langue unique, l'absence d'un processus d'opposition et le principe appelé « *first to invent*³⁷ », trois caractéristiques qui sont considérés comme plus favorable au déposant.

L'EPO est plus stricte en matière de conditions de brevetabilité. Le critère de « non-evidence » est considéré comme plus souple que le critère de « inventive step » à l'EPO. Finalement, l'USPTO a des procédures d'examen moins rigoureuses en raison d'une forte rotation des examinateurs, d'un nombre de demandes par examinateur plus importants, d'une identification plus souple de l'état de l'art, de l'absence d'un processus d'opposition et de frais moins importants. Ainsi, les conditions d'obtention des brevets ne sont pas homogènes dans l'espace. L'obtention des brevets semble plus difficile en Europe en comparaison avec les Etats-Unis (Jaffe et Lerner, 2004, Guellec et van Pottelsberghe de la Potterie, 2007).

2. La spécificité du financement dans le secteur et le rôle du marché financier

L'objectif de cette deuxième sous-partie est d'établir une revue de la littérature sur l'importance de la stratégie de financement dans l'émergence des firmes du logiciel. On y montre l'importance du financement pour les firmes du secteur afin de favoriser l'émergence des nouveaux sous-secteurs à travers les start-up innovantes. On s'intéresse particulièrement, au rôle historique du financement public pour dynamiser l'industrie et favoriser les ruptures technologiques majeures telles que l'émergence de l'Internet (voir l'étude de cas dans l'annexe). Ensuite, notre regard

³⁶ A l'USPTO les déposants ont la possibilité des masquer des demandes. Cela est connu sous le nom de « continuation applications (CAPs) » et « continuation in parts (CIPs) ». En Europe, les CIPs ne sont pas autorisés.

³⁷ D'accord, avec van Pottelsberghe de la Potterie (2010) ce principe est efficace pour réduire la duplication des efforts de recherche. En Europe, le principe utilisé est «first to file » lequel stimule une rapide divulgation de l'invention. Pour l'auteur, ce principe favorise la course technologique.

se porte sur l'importance du financement par capital-risque³⁸ et la difficulté des start-ups à attirer des financeurs extérieurs (capital-risque, banques, ou autres). On reconnaît donc ici la lutte entre acteurs pour avoir accès au financement qui leur permettra le développement de nouveaux produits et services et assurera leur croissance (2.1). L'importance du capital-risque dans le financement des jeunes firmes est accompagnée d'un rôle accru des marchés financiers dans l'émergence d'acteurs du secteur (2.2).

2.1 L'importance du financement dans la dynamique du secteur

Le secteur du logiciel est un secteur relativement jeune qui est confronté en permanence à des changements technologiques parfois associés à des vagues d'innovation. Ce rapide changement technologique favorise une entrée vigoureuse des nouvelles sociétés souvent spécialisées dans des technologies et marchés de niche. Dès lors, face à la multiplication des opportunités et des acteurs nouveaux, la rareté du financement semble être la norme.

Les jeunes firmes du logiciel sont particulièrement sujettes à de multiples contraintes financières. La littérature a mis en évidence que les firmes de haute technologie doivent d'abord utiliser leurs ressources internes compte tenu de la rareté du financement et des dysfonctionnements des marchés des capitaux dus aux asymétries d'information entre les investisseurs et les firmes (Revest et Sapio, 2012 ; Colombo et Grilli, 2007). Les investissements dans de nouvelles technologies sont par nature risqués. Le développement des services financiers spécialisés dans le soutien à de jeunes sociétés serait un des facteurs clé du succès américain car il est

³⁸ Le capital-risque est une source de financement des nouvelles firmes en pleine expansion à travers une participation au capital (Gompers et Lerner, 2001). Cet instrument est destiné à financer l'innovation de jeunes entreprises innovantes de haute technologie, aussi appelées start-ups ou « jeunes pousses ». Le capital-risque fait un apport en fonds propres, généralement par une prise de participation, sur plusieurs années (3 à 5 ans en moyenne). Le capital-risque n'est pas seulement un financeur, il prend également une part active dans la gestion de la start-up; c'est généralement un acteur spécialisé, par exemple, un ingénieur en informatique si la jeune pousse cherche à développer une innovation dans les NTIC. Le capital-risque n'est pas un mécène, son objectif est d'accroître la valeur financière de la start-up et de dégager une forte rémunération grâce à la plus-value réalisée sur la vente de sa participation.

associé aux changements technologiques ainsi qu'au développement du secteur. Le développement des institutions financières serait lié à une plus grande mobilisation des ressources financières réduisant en partie certaines contraintes financières des jeunes start-up innovatrices (Baygan et Freudenberg, 2000). Il permettrait aussi de sélectionner parmi plusieurs projets novateurs ceux dont les probabilités de succès sont les plus importantes. Depuis son origine le financement des start-up et des projets spécifiques par les états ont été fondamentaux dans l'émergence et la consolidation de l'industrie. Nous observons d'abord l'importance du financement public à travers l'étude du cas de l'émergence d'Internet (2.1.1). Nous étudions ensuite le rôle du capital-risque dans le financement des jeunes sociétés à fort potentiel de croissance (2.1.2).

2.1.1 L'importance du financement public

Le rôle de l'État en matière de financement a été fondamental pour le développement et le dynamisme de l'industrie du logiciel. Comme le constate Lazonick (2008), l'Etat a fait d'importants investissements en infrastructures que les entreprises n'auraient pu faire elles-mêmes car ces investissements sont hautement risqués et demandent des niveaux de ressources très élevés. Les Etats-Unis ont été donc au cours du 20^{ème} siècle le pays qui a contribué le plus en termes d'investissements dans de nouvelles connaissances pour l'industrie. Cet engagement de l'Etat américain permet d'expliquer en partie la domination de ce pays dans l'informatique, la microélectronique, les logiciels et les communications de données. Le rôle du gouvernement a été de faire d'une part des investissements déterminants qui ont permis de développer de nouvelles connaissances et d'autre part des investissements en infrastructures qui ont facilité la diffusion de cette connaissance (Lazonick, 2008).

Le gouvernement américain a également investi pour augmenter la puissance productive de la nation par le biais des états fédéraux, des entreprises, des universités et des laboratoires de recherche qui ont généré de nouvelles connaissances, ainsi que par les établissements d'enseignement qui ont développé les capacités de la future

main-d'œuvre. Les entreprises ont fait amplement usage de ces connaissances et de ces capacités. On observe par exemple l'importance du gouvernement américain dans l'émergence et le développement d'Internet. En effet, d'importantes ressources ont été apportées pour la construction et la consolidation du réseau, et l'État a stimulé ensuite la dynamique d'ouverture internationale. Ainsi, le gouvernement américain a d'abord aidé à sa mise en place en maîtrisant la ressource clé, à savoir le système d'adressage. Ensuite, étant donné le fait que les entreprises et les universités américaines étaient les principales offreuses de services et fournisseuses de normes, l'ouverture aux acteurs étrangers a été considérée comme une opportunité, plutôt que comme une menace. De plus, les Etats-Unis, en proposant gratuitement leur standard de réseau ouvert au reste du monde, ont permis à Internet de s'imposer, face à d'autres options à priori envisageables en matière de réseaux numériques. Alors la diffusion rapide d'Internet résulte en grande partie d'une stratégie mise en œuvre par l'industrie et le gouvernement américain (Curien et Muet, 2004).

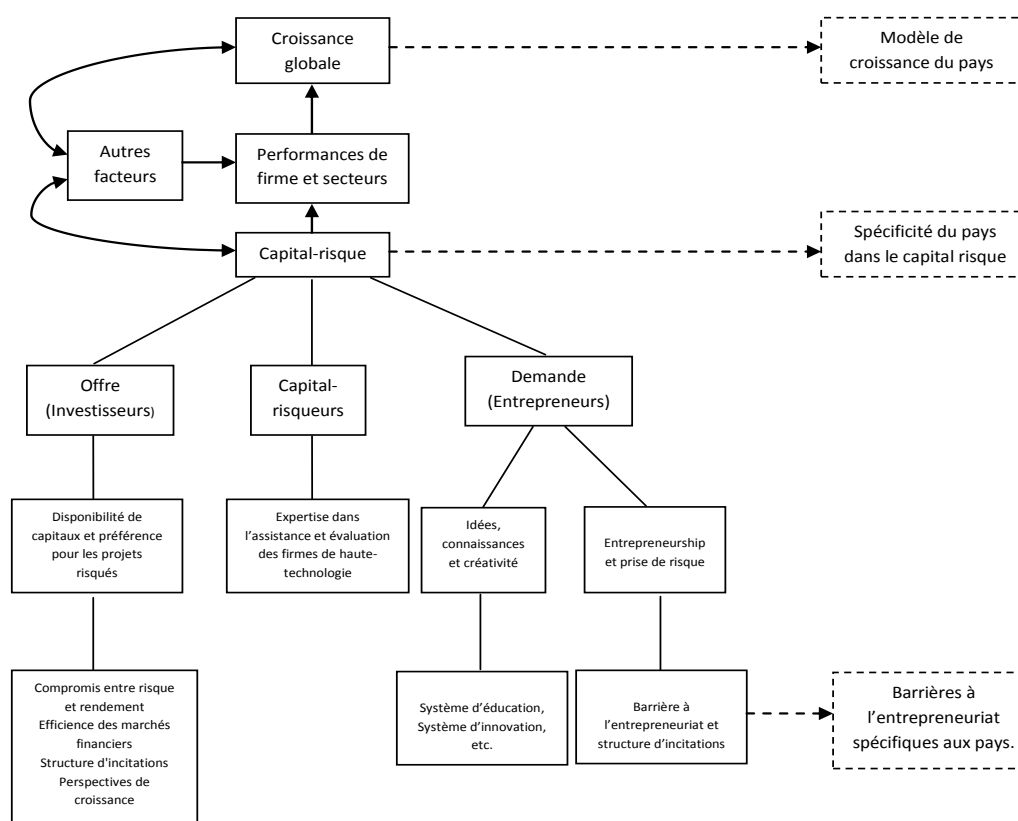
Historiquement, les investissements de l'État ont permis le renforcement de capacités novatrices et de production des firmes américaines, ce qui s'est avéré à long terme bénéfique pour les Etats-Unis. Ces investissements ont été réalisés sans contrepartie et sans avoir de garanties en matière de retour sur l'investissement. Le gouvernement américain a fourni des subventions aux entreprises afin d'encourager les investissements dans l'innovation. Ces investissements ont été aussi encouragés à travers un régime d'incitations fiscales. La puissance et la précocité des investissements du gouvernement américain ont été décisives dans la prise du leadership américain dans les technologies de l'information. Cependant, le débat reste ouvert sur l'efficacité d'interventions de l'État pour favoriser le développement du secteur dans d'autres pays. En effet, le rapide changement technologique du secteur complexifie le choix des investissements et il n'y a pas de garantie que ces derniers soient efficaces.

2.1.2 L'importance du financement par capital-risque

La littérature a mis en évidence que les besoins de financement des firmes varient tout au long de leur cycle de vie selon leur stade de développement (Berger et

Udell, 1998, Mann et Sager, 2007). Pour faire face à cette diversité des besoins de financement, le capital-risque se structure en un ensemble hétérogène et se décline sur plusieurs types de métiers³⁹ correspondant à un niveau de risque spécifique assumé par le capital-risqueur. La littérature économique et financière fait également état d'une importante diversité /disparité des marchés de capital-risque entre pays (Figure 21).

Figure 21. Facteurs liés à la diversité du capital-risque et à son impact sur la performance des secteurs.



Source: Sur la base de Baygan, G. et M. Freudenberg (2000).

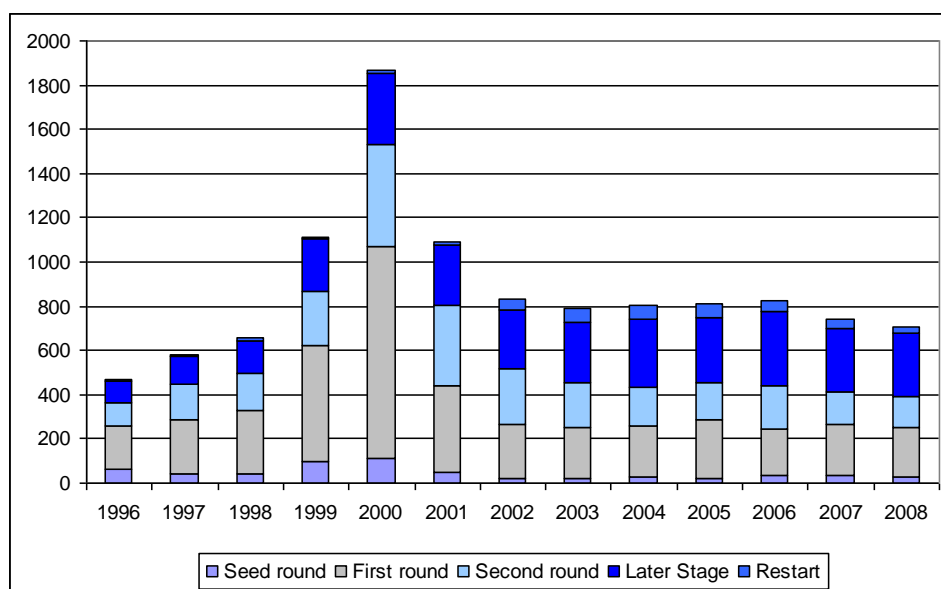
La diversité /disparité des marchés de capital-risque entre pays peut être le résultat des différences dans le capital disponible pour financer des entreprises à

³⁹ Le *seed capital* (en amont de la création de l'entreprise), le *capital creation* (financement pour le développement d'un produit et sa commercialisation), le *capital development* (financement des nouvelles capacités aux firmes ayant atteintes un niveau de rentabilité) et le *capital transmission* (rachat des entreprises par différents types d'acteurs).

risque (offre) ou de la disponibilité d'idées, projets et entrepreneurs de qualité pour l'investissement (demande). Plusieurs facteurs sont susceptibles d'affecter l'offre des capitaux tels que les marchés financiers sains et dynamiques et les perspectives de croissance de l'économie. De même plusieurs facteurs peuvent modifier la demande de capital-risque tel que les barrières à l'entrepreneuriat, les systèmes d'éducation ou plus généralement les caractéristiques du système d'innovation (Baygan et Freudenberg, 2000).

Le capital-risque serait fondamental pour permettre aux jeunes sociétés à fort potentiel de croissance d'accéder au financement mais aussi aux compétences spécifiques des capitaux-risqueurs. En effet, les perspectives de retour sur investissement des firmes candidates sont évaluées par les investisseurs lors des négociations. La Figure ci-dessous montre la dynamique du financement par capital-risque des sociétés du logiciel par tour de financement aux Etats-Unis.

Figure 22. La dynamique du financement par capital-risque des firmes du logiciel par ronde de financement aux Etats-Unis.



Source : Dowjones Venture Source.

Dans la majorité des cas, les firmes américaines n'accèdent qu'au premier ou au deuxième tour de table de financement, et les négociations vont rarement au-delà

(*later stage* et *restart*)⁴⁰. Dans le processus d'investissement par tour de table, la régularité des interventions du capital-risqueur amène celui-ci à prendre un rôle plus actif dans la gestion de la firme. Les compétences des capitaux-risqueurs ont été largement abordées par la littérature qui s'est attachée à évaluer en particulier leur expertise dans l'assistance et l'évaluation des firmes de haute technologie. La littérature a mis en évidence que le capital-risque a une fonction de certification des jeunes firmes innovantes qui permettrait de réduire les asymétries d'information et de favoriser ainsi l'accès au financement. L'évaluation des prises de risques dans le cadre d'investissements passe par l'analyse précise des « business plans » des jeunes firmes, or ceux des firmes spécialisées dans les logiciels sont souvent très complexes à appréhender et nécessitent une expertise sectorielle spécifique⁴¹. De ce fait, le capital-risque permettrait d'accroître la crédibilité des firmes avec des tiers favorisant l'accès à des ressources (employés qualifiés, nouveaux financeurs, alliances stratégiques, etc).

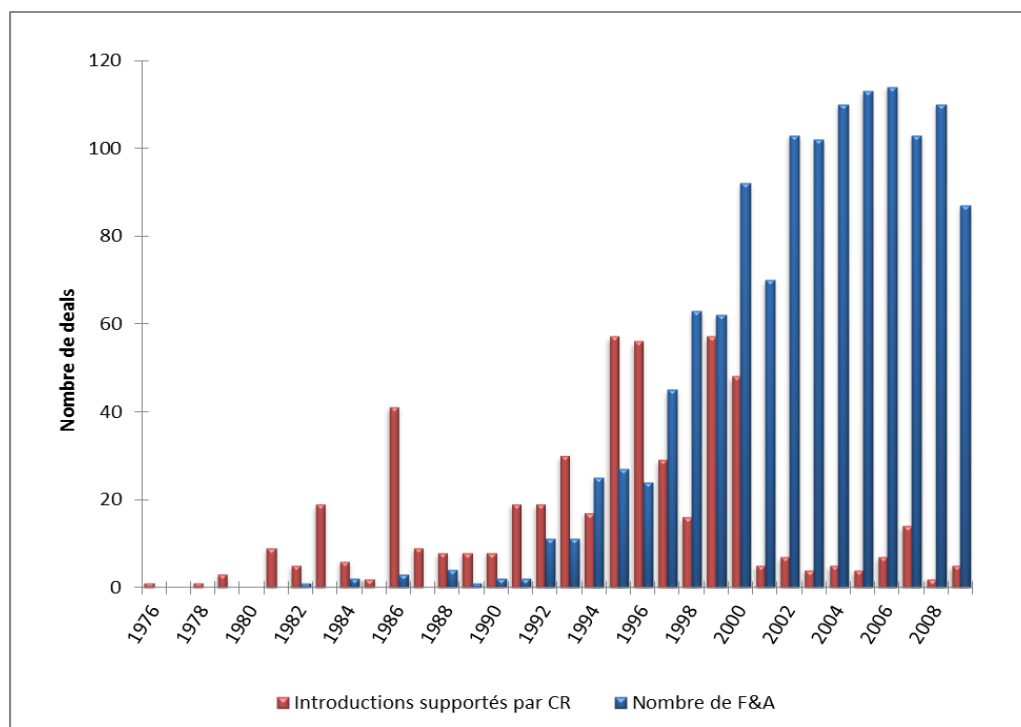
Le rôle du capital-risque serait donc associé à une amélioration des performances des firmes en termes de survie, de profitabilité et de valorisation. Cependant, l'activité des capital-risqueurs est fortement liée au marché des introductions en Bourse car ce dernier permet le désengagement des capitaux-risqueurs par la vente de leurs participations. Or, on estime que seulement 20 à 25% des projets financés par capital-risque ont réussi leur introduction en bourse. Une deuxième stratégie de sortie des capital-risqueurs est la vente de la start-up à une autre société, laquelle est souvent un concurrent ou une société en quête de nouvelles technologies. Il est aussi courant que les firmes s'introduisent pour ensuite se faire racheter. La Figure 23 montre le nombre d'introductions en bourse et fusions-

⁴⁰ Dowjones Venture Source définit « *seed round* » comme les investissements aux projets en phase de lancement (*early stage*). Généralement, l'investisseur rejoint le fondateur et les ingénieurs de la start-up. Les tours de table initiale et secondaire (« *first and second round* ») sont caractérisés pour des investissements généralement plus importants cherchant le développement des produits de la société. Les tours de table suivant (3^{ème}, 4^{ème}, etc) sont classés dans *latter stage*. Finalement, le *restart round* cherche à diluer la participation des investisseurs existants qui ne participent pas à ce tour de table. L'objet de ce tour est généralement de changer la stratégie de la firme ou son marketing.

⁴¹ Voir l'annexe C (étude de cas) concernant la complexité des business model à travers l'analyse du sous-segment du marché des moteurs de recherche. Les capital-risqueurs dans l'informatique sont généralement des ingénieurs en informatique afin d'être en capacité de discuter avec les entrepreneurs et de mener l'entreprise sur le chemin de la croissance.

acquisitions des firmes du logiciel américaines financées par le capital-risque entre 1970 et 2009.

Figure 23. Nombre d'introduction en bourse et fusions-acquisitions des firmes du logiciel américaines financées par capital-risque



Source : Bureau van Dijk's Zephyr database.

2.2 Le rôle du marché financier dans la promotion des firmes innovantes

Ces dernières décennies, le marché boursier et ses intermédiaires sont devenus plus importants dans le développement des firmes de haute technologie et notamment des firmes du logiciel. L'introduction en bourse est considérée par la littérature comme un moyen privilégié pour réduire le coût d'accès au financement, lever des fonds, rémunérer les actionnaires d'origine (entrepreneurs et capital-risque), favoriser les opérations de croissance externe et la notoriété de la firme. Nous proposons ici d'envisager plus précisément le rôle du marché financier comme source de financement (2.2.1) et de pouvoir (2.2.2) des firmes du logiciel.

2.2.1 L'introduction en bourse comme source de financement des firmes du logiciel

La littérature éclaire très partialement le rôle du marché boursier dans la dynamique des firmes de l'industrie du logiciel. L'introduction en bourse y est considérée comme une étape fondamentale dans le cycle de vie et la réussite des sociétés de haute technologie. L'introduction en bourse permet de mettre en vente les titres d'une société afin d'accéder au marché des capitaux. Elle marque donc l'accès d'une entreprise au statut de société « publique » c'est-à-dire cotée. La littérature financière a constaté la multiplication des introductions des start-up ces dernières décennies (Peristiany et Hong, 2004; Fama et French, 2004, Cockburn et Wagner, 2010). Elle l'explique par le fait que l'introduction en bourse favoriserait la croissance des firmes technologiques à travers la collecte des fonds pour augmenter leurs capacités innovatrices favoriser leur croissance externe, attirer de nouvelles ressources, etc. Cependant, l'introduction en bourse est aussi liée à de nouvelles contraintes et risques qui affectent l'activité innovatrice, l'organisation et la survie de la firme.

Lazonick (2003, 2008) analyse l'impact du marché boursier sur le contrôle stratégique, l'intégration organisationnelle et l'engagement financier des firmes innovatrices à travers cinq fonctions principales: 1) *Creation* : Le marché boursier étant le principal mécanisme du sortie de capital-risque, son existence favorise leur investissement dans des firmes innovatrices⁴². 2) *Cash* : Le marché boursier peut fonctionner directement comme source d'engagement financier ce qui est fondamental dans le processus innovation de la firme⁴³. 3) *Control*: le marché boursier peut influencer la concentration ou la fragmentation de l'actionnariat d'une

⁴² Cela a été particulièrement remarquable dans l'économie américaine. Les firmes du capital-risque de la Silicon Valley, ont investi dans des start-up technologiques depuis les années 1960 (semi-conducteurs), ils ont utilisé l'introduction en bourse pour accroître le rendement de leurs investissements.

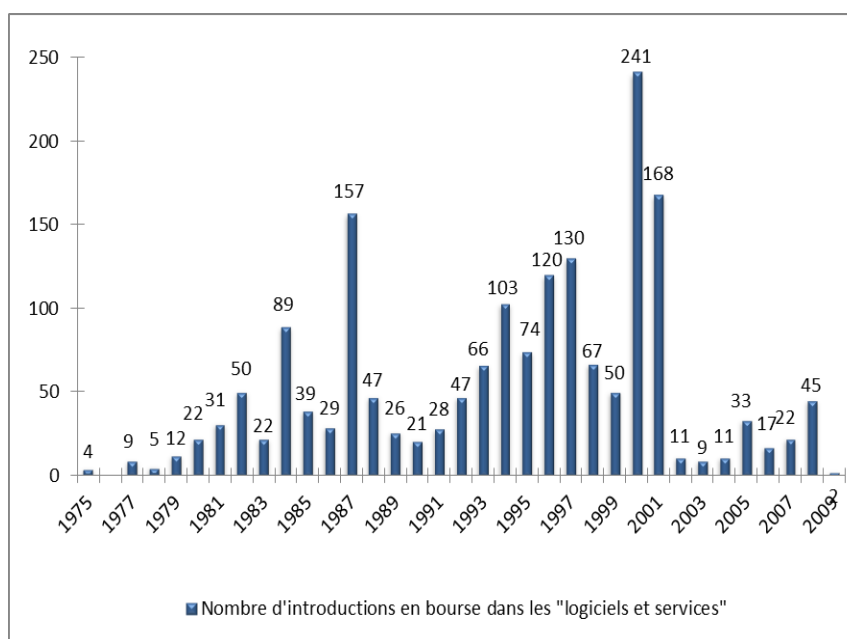
⁴³ Il est une source de financement pour des firmes en croissance leur permettant entre autre de financer leurs dépenses en capital, d'augmenter la trésorerie, de payer des dettes et des frais de fonctionnement.

société. Par conséquent, il agit sur la relation entre la propriété des actifs de l'entreprise et le contrôle sur l'allocation des ressources de l'entreprise. Le marché boursier influence ceux qui exercent le contrôle stratégique sur l'allocation des ressources des entreprises. 4) *Combinaison*: A travers les actions il permet à une société d'acquérir le contrôle stratégique sur les ressources d'une autre société. Finalement, 5) *Compensation* : la Bourse permet à une société d'utiliser ses propres actions, le plus souvent sous la forme de stock-options, comme une forme de compensation qui peut attirer, retenir, motiver et / ou récompenser les employés. Le marché boursier peut également servir de moyen d'intégration organisationnelle.

L'introduction en bourse est caractérisée par la présence d'une forte asymétrie d'information entre les investisseurs et les firmes. Cette caractéristique est devenue plus importante ces dernières années avec la multiplication d'introduction en bourse et le fort mouvement cyclique du marché des introductions. En effet, ce dernier est marqué par des périodes d'activités frénétiques (*hot issue markets*) succédant à des phases de grande retenue dans le nombre d'introductions. Ainsi, les entreprises ont profité des périodes de spéculation boursière pour faire de nouvelles introductions en bourse. Ce fût le cas, au début années 1960 (naissance de l'électronique), au début des années 1980 (quand la microélectronique et la biotechnologie ont émergé) et à la fin des années 1990, lorsque la révolution d'Internet a généré le boom des dot.com (Cassidy 2002; O'Sullivan 2007).

La Figure 24 montre la dynamique du marché des introductions en bourse des firmes du logiciel aux Etats-Unis pour la période 1975-2009. On observe une forte vague d'introductions en bourse de firmes spécialisées dans le logiciel dans les années 1998-2000 aux Etats-Unis. Le boom des dot.com a été marqué par une forte volatilité du prix des actions, une dégradation dans la qualité des firmes introduites, une accentuation du phénomène de sous-évaluation, puis l'arrêt brutal des émissions.

Figure 24. Nombre de d'introductions en bourse des firmes du logiciel aux Etats-Unis



Source : Thompson Financial

Le principal marché d'introductions en bourse aux Etats-Unis est le NASDAQ⁴⁴ créé en 1971 à New York, pour permettre aux jeunes firmes à fort potentiel de croissance de lever des fonds dans des conditions moins restrictives que sur les marchés traditionnels. En 1984, la *Security Exchange Commission* (SEC) autorise l'introduction sur le marché des firmes à fort potentiel de croissance mais déficitaires à condition qu'elles possèdent un fort capital intangible, cette réglementation est connu sur le nom de « Alternative 2 » (Coriat et Orsi, 2003). La Figure 24 témoigne en partie de l'attractivité du Nasdaq pour les start-up du logiciel.

Suite à sa création, le NASDAQ a attiré de nombreuses entreprises qui, par la suite, sont devenues des entreprises globales comme Apple, Cisco, Microsoft, Google...Il a aussi attiré de nombreuses firmes du monde entier, y compris des firmes européennes, à travers le « *be with peers* » ce qui, selon Revest (2013), a poussé les autorités européennes à favoriser la création de nouveaux marchés tels que

⁴⁴ National Association of Securities Dealers Automated Quotations (NASDAQ)

le nouveau marché français en 1996 ou le Neuer Markt allemand en 1997⁴⁵. On reviendra sur ces nouveaux marchés un peu plus tard.

2.2.2 La croissance externe une source du pouvoir dans le secteur

Les caractéristiques technologiques des secteurs informationnels⁴⁶ influencent l'organisation des firmes. Ainsi, la présence conjointe des rendements croissants et d'effets de réseau favorise l'émergence de firmes de très grande taille. Les coûts de changement et l'obligation d'atteindre une taille critique encouragent les fusions-acquisitions. Les fusions-acquisitions dans les secteurs informationnels sont utilisées comme des stratégies d'innovation, car elles facilitent l'acquisition des connaissances externes à la firme et comme des stratégies de contrôle car elles permettent aux firmes dominantes de consolider leur position et de lever les barrières à l'entrée à de potentiels « *firmes déstabilisatrices* »⁴⁷. Les fusions-acquisitions contribuent en partie à la gestion des vagues de changement technologique, ce qui permettrait aux acteurs leaders l'accès à certaines technologies ou marchés.

La Figure 25 permet d'observer l'explosion des fusions et acquisitions dans l'industrie américaine du logiciel (SIC737) sur la dernière décennie. Sur la base des données de Thompson Financial nous estimons à plus de 1375 millions d'US dollars

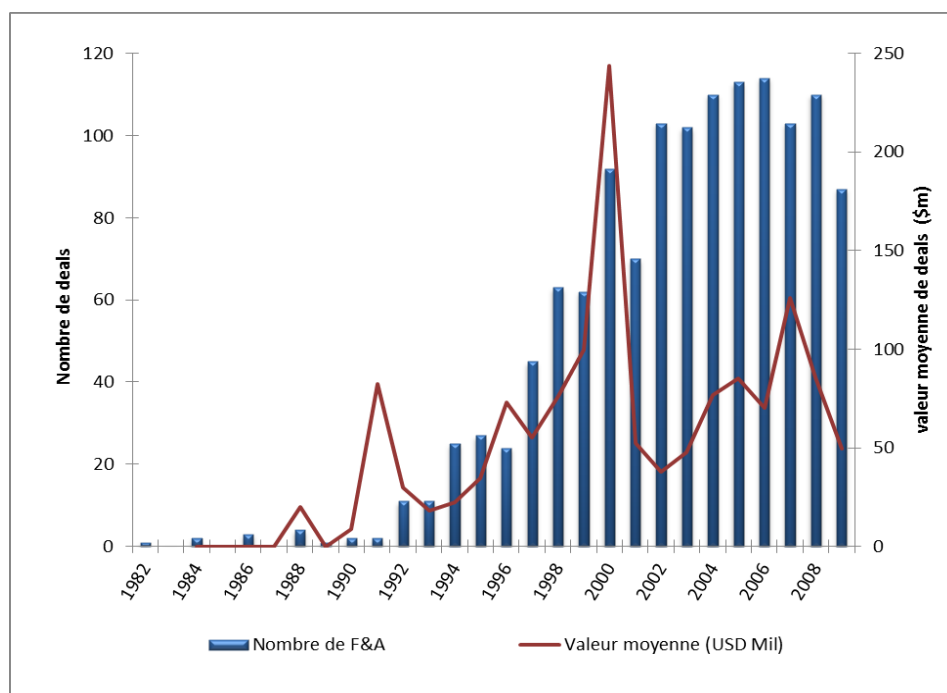
⁴⁵ Dans l'émergence de ces nouveaux marchés la pression des lobbyings tels que celle de la Communauté Economique Européenne et l'European Venture Capital Association (EVCA) a été décisive.

⁴⁶ Comme on l'a vu dans le chapitre précédent, les secteurs de l'information se distinguent des industries traditionnelles par des rendements d'échelle croissants, des coûts de changement élevés pour les consommateurs et des effets de réseaux (Shapiro et Varian, 1999). Les rendements d'échelle sont croissants car la part des coûts fixes est très importante et celle des coûts variables tend vers zéro. Dans ce contexte, plus le volume produit par la firme est important, plus son coût par unité produite diminue. Le coût d'élaboration d'un logiciel, est potentiellement très élevé et indépendant du nombre d'unités qui seront vendues. En revanche le coût de reproduction du logiciel est quasi nul. Cette structure particulière du coût favorise l'émergence des firmes produisant des volumes importants. Les coûts de changement pour une firme ou un particulier sont les coûts de passage d'un standard à une autre, qui incluent des coûts de changement technologique mais aussi de l'environnement liés au produit. Ils indiquent dans quelle mesure un client est « prisonnier » d'un fournisseur donné. Ils engendrent des risques de verrouillage qui contraignent les options stratégiques des firmes.

⁴⁷ On documente cette double stratégie à travers l'étude de cas de moteurs de recherche dans l'annexe.

le montant des affaires de fusions-acquisitions pour plus de 1276 transactions observées (pour les affaires dont la valeur est connue) entre 1990 et 2009. L'augmentation des fusions-acquisitions dans une dynamique de consolidation de l'industrie du logiciel met en évidence leur importance stratégique.

Figure 25. Fusions-acquisitions de l'industrie américaine de logiciels (1982-2009)



Source: Thompson Financial

2.3 La position des Etats-Unis et de l'Europe en matière de financement dans le secteur.

La littérature a mis en évidence la diversité des marchés financiers en Europe et aux Etats-Unis. En effet, il n'existe pas un seul modèle de marché financier, ce qui implique des différences de comportement des acteurs. Partant de ce constat, en matière de financement, l'environnement institutionnel américain est souvent décrit comme basé sur les marchés financiers alors que le système européen serait plus hétérogène, les banques ayant un rôle prépondérant et les marchés étant moins puissants et l'actionnariat plus concentré. Nous mettons en évidence dans cette sous-

partie le rôle du capital-risque et des marchés financiers aux Etats-Unis en comparaison avec l'Europe (2.3.1). Cependant, les marchés financiers en Europe sont aussi très dynamiques et ont accru ces dernières années leur rôle dans la gestion des firmes du logiciel et dans la dynamique du secteur plus généralement (2.3.2).

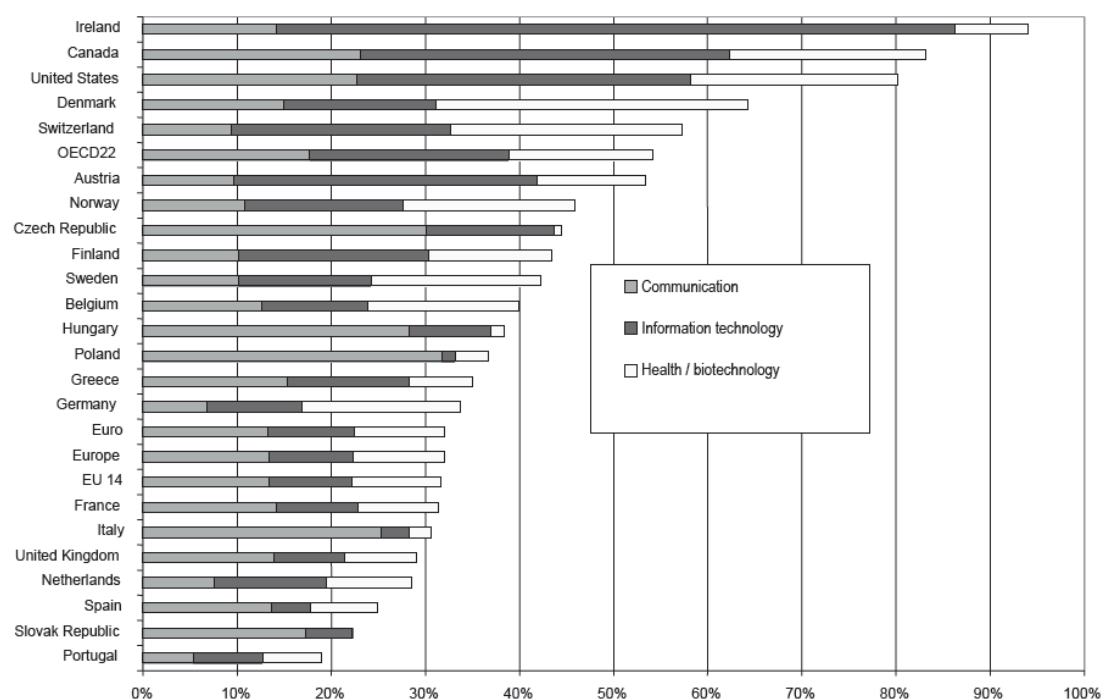
2.3.1 Les Etats-Unis, leader en capital-risque dans le secteur

Les États-Unis sont devenus historiquement le premier fournisseur de capital-risque dans le monde à partir des années 1980, suite à l'assouplissement des règles prudentielles qui ont autorisé les gestionnaires de fonds de pension à investir dans des actifs hautement risqués et transformé les fonds de pension en principaux pourvoyeurs de fonds des capitaux-risqueurs américains.⁴⁸ Par conséquent, d'importants fonds ont pu être dirigés vers le financement de l'innovation, en déplaçant vers lui une partie de l'épargne des ménages collectée par ces institutions financières. La Silicon Valley en Californie a été au cœur des transformations en matière de financement en organisant la fourniture de capitaux aux start-up technologiques et en devenant ainsi la région leader en matière de financement par capital-risque aux Etats-Unis et dans le monde. Elle représente 38% de la valeur des investissements et 31% du nombre total de *deals* aux Etats-Unis (Lazonick 2008). La Figure 26 nous permet de constater la puissance des investissements des capital-risqueurs américains dans des sociétés de haute technologie et particulièrement dans les technologies de l'information alors qu'en Europe le capital-risque est moins développé. Selon les rapports du cabinet Price Waterhouse Coopers, parmi les industries des TIC, l'industrie du logiciel est celle qui a reçu la plus grande part des fonds de capital-risque annuellement pendant toute la période 2000-2006.⁴⁹

⁴⁸ En 1979 avec l'amendement de la loi ERISA, le ministère américain du Travail, encouragé par le lobby de la haute technologie, a permis aux fonds de pension d'investir leurs fonds dans des actifs plus spéculatifs y compris les nouveaux capitaux-risques, sans transgresser la règle du "prudent man" qui les obligeait à investir dans des sociétés cotées et dans des obligations de haute qualité (Gompers et Lerner, 2001 cité par Lazonick, 2008).

⁴⁹ Le montant global de capital-risque pour l'industrie du logiciel aux États-Unis s'élevait à plus de 5,1 milliards de dollars en 2008 et près de 5,3 milliards de dollars en 2007.

Figure 26. Part du capital risqué dédié aux secteurs de haute technologie (% du total des investissements en capital-risque)

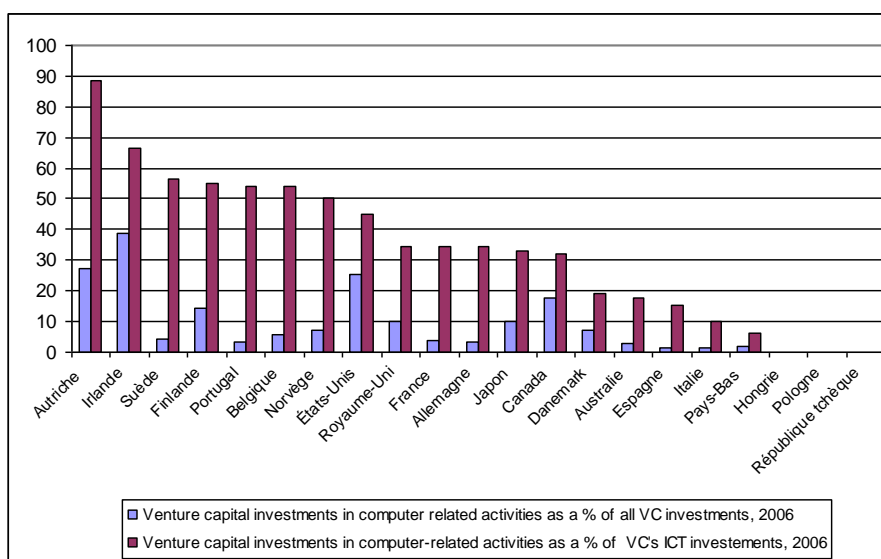


Note: Total venture capital investment consists of early and later stage venture capital as well as, except for the United States, buyouts. European Union 14 comprises data from Austria, Belgium, Finland, France, Germany, Greece, Ireland, Italy, Netherlands, Portugal, Spain, Denmark, Sweden, and the United Kingdom. OECD22 comprises data from European Union 14 countries as well as from Norway, Switzerland, the Czech Republic, Hungary, Poland, the Slovak Republic, Canada and the United States

Source: Lumpkin et Thompson (2006)

Cependant, le marché du financement par capital-risque des firmes du logiciel en Europe a été très dynamique ces dernières années. La Figure 27 nous permet d'observer la part de l'investissement du capital-risque destiné à l'informatique sur l'ensemble des investissements en TIC ainsi que sur l'ensemble des investissements des capitaux-risqueurs en 2006. On constate que près d'un tiers des investissements des capital-risqueurs est destiné à l'informatique aux Etats-Unis alors qu'il est de 5.6% en moyenne pour les principales économies européennes (Allemagne, Royaume-Uni et la France). On constate par ailleurs l'importance des investissements (plus de la moitié des investissements par rapport aux investissements en TIC) en Informatique des capital-risqueurs dans des petites économies européennes comme l'Irlande, la Suède, la Finlande

Figure 27. Investissements du capital-risque dans l'informatique comme % de l'investissement en TICs et % de l'investissement total en 2006



Source : OCDE (2009)

Ainsi, ces vingt dernières années, l'Europe a porté un intérêt central au développement du financement par risque aussi appelé capital-risque (voir « *le livre vert pour l'innovation* » de la Commission Européenne de 1995). Le modèle de référence du capital-risque européen a été le modèle américain. Les pouvoirs publics se sont fortement inspirés de celui-ci en raison de son efficacité comme outil de politique industrielle (Geoffron, 1987). Cependant, le capital-risque en Europe continue d'être relativement faible par rapport aux États-Unis. En matière d'investissements en capital-risque pour l'industrie du logiciel, moins d'un tiers de capital-risque consacré aux firmes de haute technologie est dédié au segment de la technologie de l'information (IT). On remarque l'importance du capital-risque dédié aux technologies de l'information en Irlande avec plus de trois quarts d'investissement en capital-risque dédié aux secteurs de haute technologie (Figures 26 et 27).

La littérature a montré que les investissements des capitaux-risqueurs ont été fondamentaux dans la croissance et la réussite des start-up américaines. Kortum et Lerner (2000) ont trouvé qu'un dollar investi dans une start-up soutenue par un fond de capital-risque est environ trois fois plus puissant pour stimuler

de nouvelles inventions qu'un dollar investi en R & D dans une société quelconque. Cependant, il y a peu d'évidence empirique sur l'impact des capital-risqueurs sur les performances des firmes européennes du logiciel.

2.3.2 L'importance du financement par les marchés à travers l'introduction en bourse en Europe

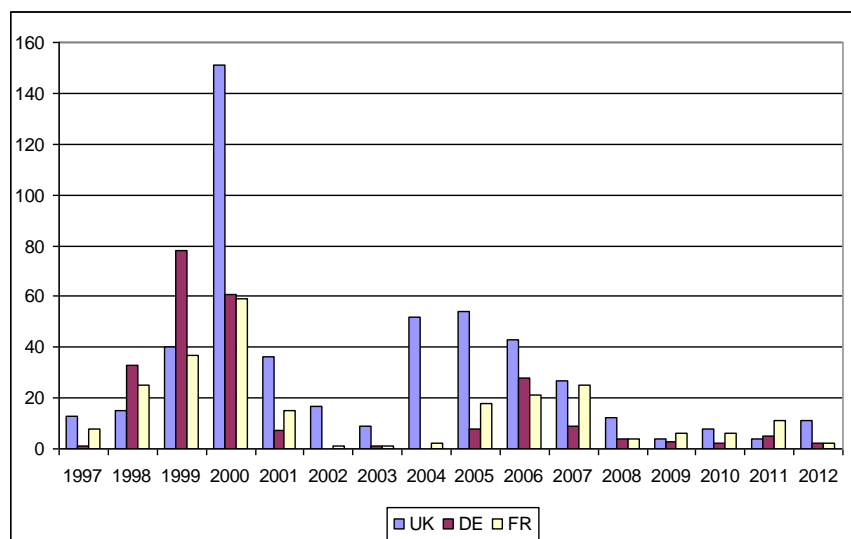
Le développement progressif des capital-risqueurs a été accompagné par l'émergence des « *nouveaux marchés* » dans les principales places financières en Europe tels que le *Nouveau Marché* à Paris en 1996, le *Neumark* à Frankfurt en 1997, le *Teckmark* ou l'*Alternative Investment Market (AIM)* à Londres en 1995, entre autres (Copain, 1998, Bottazzi et Da Rin M, 2001; 2002, Goergen et al, 2003, Revest, 2013). Ces derniers ont favorisé l'accélération du cycle de financement des start-ups avant qu'elles n'atteignent leur seuil de rentabilité. La construction des marchés technologiques en Europe a été largement inspirée du NASDAQ américain et on en retrouve plusieurs caractéristiques (voir Copain, 1998 pour le cas de la France):

- 1) La condition principale pour l'introduction de la start-up technologique est le potentiel de croissance. Ce dernier peut trouver son origine dans l'innovation technologique, le marketing, le design et le marché en essor.
- 2) Il n'y a pas d'exigence d'âge, de chiffre d'affaires ou de résultats.
- 3) En termes de fonds propres, l'exigence est relativement faible.
- 4) Un minimum de placement de titres qui varie selon le marché est exigé (au moins 100.000 titres pour au moins €1.6 million approximativement pour le nouveau marché français).

Le marché d'introductions en bourse des PME du logiciel à fort développement a été relativement dynamique en Europe ces dernières années (avec plus de 979 introductions pour les principaux pays entre 1997 et 2012). La Figure 28 montre l'explosion du nombre d'introductions entre 1999-2000. Nous observons également

l'importance du financement par les marchés financiers à travers l'introduction en bourse au Royaume-Uni suivi de l'Allemagne.

Figure 28. Distribution des introductions en bourse des firmes du logiciel en Europe.



Source : Bureau van Dijk's Zephyr database. Introductions en bourse entre 1997 et 2012 (pour Allemagne, Royaume-Uni, France)

Pour un échantillon de 476 firmes introduites entre 2000 et 2009 aux Etats-Unis et en Europe, on peut observer que les firmes européennes étaient relativement plus jeunes, plus petites, moins solvables, moins supportées par les capital-risqueurs et donc plus risquées que les firmes américaines (Tableau 9).

Tableau 9. Caractéristiques principales des firmes du logiciel introduites entre 2000 et 2009 aux Etats-Unis et en Europe

Variable	US	Europe
	n = 234	n = 242
	Mean	Mean
<i>Age à l'introduction</i>	8,43	6,34
<i>Total d'actifs (en € millions)</i>	213,84	117,81
<i>Chiffre d'affaires (en € millions)</i>	99,79	47,77
<i>Part des PME**</i>	0,41	0,58
<i>Equity ratio</i>	0,22	0,13
<i>Part financé par capital risque</i>	0,24	0,20
<i>Montant collecté (en € millions)</i>	158,06	68,59

** turnover < € 10 Millions en Europe et € 25 Millions aux US

Source : Bureau van Dijk's Zephyr database.

Les marchés financiers attirent de nombreuses petites et jeunes sociétés du logiciel en Europe. Ils concernent aussi les plus grandes sociétés européennes du logiciel. Selon les estimations de Truffle100 (2012)⁵⁰, 61% des entreprises européennes du logiciel les plus grandes, novatrices et profitables sont cotées en Bourse (voir le Tableau ci-dessous).

Tableau 10. Nombre des firmes du logiciel cotées en bourse parmi les 100 plus grandes acteurs en Europe

Cotée ou non-cotée	#	Chiffre d'affaires	% Truffle 100	Dépenses en R&D (€M)	% Truffle 100	Profits (€M)	% Truffle 100
Firme cotée	61	31112	83.7%	4707	82.9%	6236	93.5%
Firme non-cotée	39	675	16.3%	971	17.1%	432	6.5%
Total	100	37187	100.0%	5679	100.0%	6667	100.0%

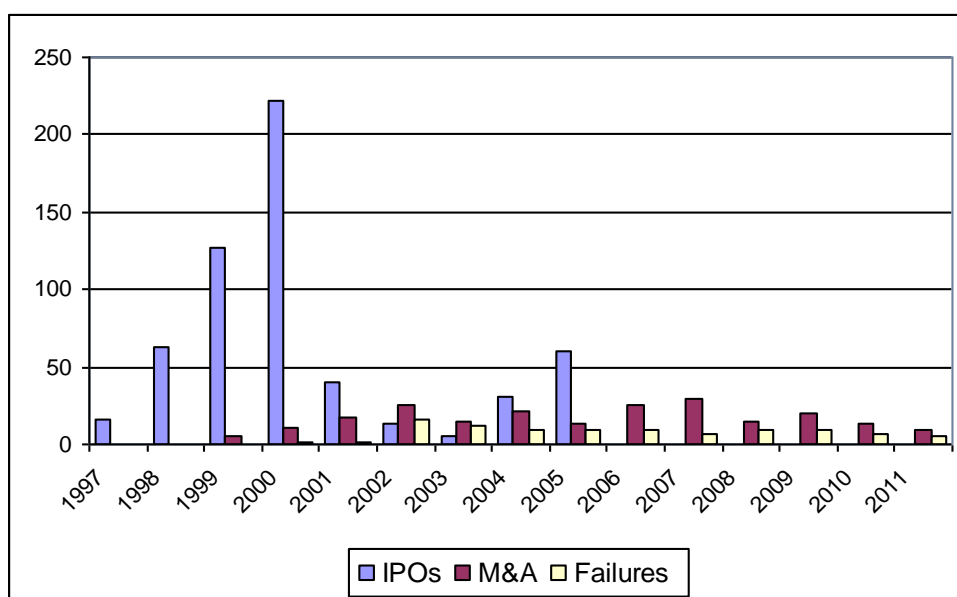
Source : Truffle 100 (2012)

Une partie très importante des sociétés introduites sont sorties des marchés financiers très peu de temps après leur introduction. La Figure 29 montre la dynamique qui se noue après l'introduction en bourse de firmes du logiciel européennes introduites entre 1997 et 2005. On estime qu'environ la moitié des sociétés spécialisées dans le logiciel introduites se sont retirées des marchés pour plusieurs raisons, mais principalement suite à une fusion-acquisition avec d'une autre société, une liquidation volontaire de la société ou une faillite.⁵¹

⁵⁰ Voir l'annexe chapitre 2 sur le classement de 100 principales firmes du logiciel en Europe en 2011 selon truffle100 (2012)

⁵¹ Le chapitre 4 nous permettra de mieux cerner les caractéristiques qui soutiennent la probabilité des firmes du logiciel de continuer à opérer avec succès dans les marchés financiers.

Figure 29. Dynamique après l'introduction en bourse de firmes du logiciel européennes



Source : Bureau van Dijk's Zephyr database. Introductions en bourse entre 1997 et 2005 (pour Allemagne, Royaume-Uni, France, Italie, Espagne et Suède). Le statut après l'IPO de ces firmes a été observé jusqu'au 31 décembre 2011.

SECTION II - La complémentarité brevet-finance dans les stratégies des firmes

La section précédente a permis de cerner l'importance des deux formes institutionnelles structurant le secteur : les Droits de Propriété Intellectuelle (DPI) et les institutions financières. Nous avons résumé les problèmes posés par les DPI et les structures financières sur les performances et l'organisation des firmes du secteur. Dans cette section, l'objectif sera d'aller au-delà de la prise en compte isolée de ces deux institutions qui caractérise la plupart des études afin de comprendre leurs interactions. En effet, le jeu d'interaction entre les DPI et les structures financières permettrait l'émergence des opportunités à certaines firmes capables de mobiliser ou d'adapter leurs stratégies. Nous analyserons d'abord les relations entre architecture institutionnelle et organisation du secteur (1). Nous définirons la conception de l'institution qui supportera notre analyse mais également la notion de complémentarité institutionnelle qui nous intéresse pour comprendre les relations brevet-finance. La deuxième sous-partie aura pour objectif d'observer à travers une revue de littérature, comment la complémentarité entre brevet et structures financières opère dans la performance /ou l'organisation des firmes du logiciel (2). On observera, d'abord les principaux éléments nous permettant de considérer que les interactions entre brevet et structures financières jouent un nouveau rôle dans l'émergence de nouvelles sociétés. (2.1) Ensuite, nous observerons les interactions entre les brevets et le financement dans la consolidation d'acteurs dominants du secteur (2.2).

Nous pourrions alors mettre en évidence la manière dont les interactions entre ces deux institutions (brevet-finance) débouchent sur un renforcement de l'usage du brevet. En effet, les investisseurs considèrent souvent que la protection des brevets est un outil qui pourrait fournir une différenciation durable aux firmes et que cela leur fournirait un signal sur les meilleurs investissements potentiels. Les croyances sur la valeur du brevet encourageraient d'une part, les investisseurs à faire leur choix d'investissement sur les firmes possédant des brevets et d'autre part, encourageraient de nombreux responsables des stratégies technologiques des start-up logicielles à obtenir de brevets pour attirer des nouvelles ressources. Cet auto-renforcement entre

les institutions serait favorable à certains types d'acteurs capables de déposer des brevets mais l'effet de la multiplication des brevets sur l'ensemble de l'industrie serait plus problématique car il reste incertain et contesté.

1. Le rôle des institutions dans l'organisation du secteur.

Le rôle des institutions dans l'organisation et les performances des secteurs fait l'objet de nombreux débats dans les milieux académiques, politiques, industriels et sociétaux. Cependant, la définition des institutions varie largement en fonction des auteurs et est souvent difficile à cerner. Dans cette première sous-partie, nous définirons la conception d'institution qui soutiendra notre analyse ainsi que la notion de complémentarité institutionnelle qui nous intéresse pour comprendre les relations brevet-finance (1.1). C'est sur ces bases que nous défendrons l'idée qu'elle favorise un certain type de performance et /ou organisation (2.2).

1.1 L'articulation complexe des institutions dans la stratégie des firmes

La nature des institutions et par conséquent leur conception n'est pas homogène dans la pensée économique et elle n'est pas toujours facilement adaptable à l'étude d'un secteur. Après avoir présenté la nature polysémique du concept d'institution, nous présenterons l'approche des institutions que l'on considère pertinente pour notre analyse du secteur. On mettra l'accent sur l'analyse systémique des institutions mais également sur la hiérarchie institutionnelle afin de comprendre la dynamique organisationnelle du secteur du logiciel au cours de ces dernières années.

1.1.1 Les institutions comme croyances structurant le comportement des acteurs

Les premiers travaux cherchant à analyser le rôle des institutions et leur évolution dans l'étude de l'économie ont été les institutionnalistes américains (principalement Veblen et Commons). Sous le cadre de l'institutionnalisme américain de Veblen (1901; 1904), les économies et par conséquent les secteurs qui les composent sont des ensembles évolutifs d'institutions. Les institutions seraient des habitudes de pensée et d'action dominantes des acteurs à un moment donné. Elles découlent des habitudes de vie et elles se sont formées ou ont été héritées du passé. Cependant, pour lui, les institutions ne sont pas uniquement le résultat d'un processus darwinien (adaptatif et sélectif) des habitudes de pensée et d'action, elles sont elles-mêmes un facteur de sélection. Pour sa part, Commons (1934) définit les institutions comme des actions collectives qui contrôlent l'action individuelle. Dans son analyse, les institutions sont le résultat de l'action collective. Dès lors, c'était plutôt la « main visible des tribunaux du *common law* qui sélectionnait consciemment les bonnes coutumes » pour les imposer aux individus (Chavance, 2007).

D'après Hamilton (1932), les institutions désignent « une manière de penser ou d'agir assez fréquente et permanente, qui est incorporée dans les habitudes d'un groupe ou les coutumes d'un peuple ». L'institution est donc « un ensemble d'usages sociaux » dont l'identité est en perpétuelle redéfinition car son rôle n'est pas fixé avec précision, il se transforme par les intérêts de ses membres, la préservation de sa propre existence et le hasard.

Plus récemment, Williamson (nouvelle économie institutionnelle) définit les institutions comme des règles imposées « d'en-haut » lesquelles sont issues des arrangements passés entre individus pour réduire les coûts de transaction. L'analyse institutionnelle que Williamson développe est concentrée principalement sur l'efficacité comparative des formes d'organisation. Selon Douglas North (1990), « les institutions sont des règles de jeu, dans une société, ou, plus formellement, sont

des contraintes d'origine humaine qui encadrent l'interaction humaine ». Il fait la distinction entre institutions et organisations. De cette façon, les institutions définissent la manière dont le jeu doit être joué alors que les organisations et leurs entrepreneurs sont les joueurs qui cherchent à gagner dans le cadre de ces règles. Les organisations dans cette perspective sont constituées des groupes d'individus liés par un projet commun en vue d'atteindre des objectifs (North, 1990, p5-6; Chavance, 2007). De même, le cadre institutionnel détermine les organisations qui seront créées et leur évolution. Les institutions déterminent donc les incitations favorisant l'émergence de nouvelles organisations et le comportement des organisations existantes. De même, les organisations font évoluer ou cherchent à modifier le cadre établi.

De manière assez différente, Aoki (2001) conçoit les institutions comme un « système auto-entretenu de croyances partagées sur la manière dont le jeu est joué » (p, 26). Les croyances partagées permettent aux joueurs de se coordonner ce qui permet la convergence vers l'équilibre. En effet, les institutions sont conçues en tant qu'équilibres au sens de la théorie de jeux. Dans cette vision en termes d'équilibre, les joueurs doivent coopérer pour améliorer leur position dans le jeu, si les autres joueurs conservent leur stratégie antérieure.

Par ailleurs, le travail de Greif (2006), partage l'analogie avec des jeux mais considère les institutions en tant que système, elles incluent les règles, les croyances et les organisations. Selon Greif, les institutions motivent, aident et guident les individus à adopter un comportement parmi les comportements qui sont technologiquement faisables dans des situations sociales. De ce fait, le Tableau ci-dessous résume cette approche concernant l'usage du brevet et des structures de financement des capital-risqueurs⁵².

⁵² Note : Dans ce type d'analyse la diversité des stratégies n'est pas prise en compte car tous les acteurs n'ont pas les mêmes croyances sur la valeur du brevet ou de l'introduction en bourse, ce qui implique que tous les acteurs n'ont pas forcément intérêt à déposer des brevets pour protéger l'innovation ou s'introduire en Bourse pour se développer. Par conséquent, Il existe plusieurs types de croyances qui sont associées à des comportements différents des groupés d'acteurs.

Tableau 11. Les institutions comme systèmes : analyse du brevet et les structures financières

Règle	Organisation	Croyance et normes internalisées	Régularité de comportement impliquée
Règles concernant l'usage du brevet (DPI renforcé)	Office des Propriétés intellectuelle (EPO, USPTO, offices nationaux, OMI)	Croyance que le brevet est un bon mécanisme pour protéger et inciter l'innovation	Dépôt de brevets
Règles concernant le financement des firmes à risque	Capital-risqueurs	Les capital-risqueurs sélectionnent les firmes les plus rentables et les plus viables et ils augmentent leurs performances	Recherche du financement par capital-risque.
Règles concernant l'introduction en bourse(IPO) des firmes à haut risque	Les nouveaux marchés (Nasdaq, Euronext-paris, AIM, Neuer Mark).	L'introduction réduit le cout du capital, favorise l'image de la firme, favorise la croissance externe, etc.	Recherche à s'introduire en bourse.

Source : Auteur, sur la base de Greif (2006)

Dans le cadre de cette thèse, on se rapproche de la définition de Walliser (1989) aussi reprise par Amable, Barré, Boyer (1997), dans laquelle l'institution est une « règle du jeu social, qui est intériorisée par les agents et contribue à guider leurs comportements, afin d'assurer leur comptabilité dans un contexte déterminé. Les institutions revêtent des formes variées, des lois juridiques (droit de contrats) aux normes morales (norme d'honnêteté), des conventions sociales (règles d'éthique) aux traditions culturelles (attitude civique) et peuvent aussi bien rester abstraites (code de conduite) que s'incarner dans des agents spécifiques (institutions financières). Elles forment des édifices complexes où les institutions de même niveau peuvent s'avérer complémentaires ou concurrentes et surtout les institutions de niveau différent peuvent se renforcer ou se contrarier » (Walliser, 1989 P.340). De même, les institutions ont une importance différenciée ou jouent un rôle particulier

qui dépend du contexte historique donné, donc il y existe une hiérarchie entre les institutions. Le Tableau 12, résume la classification et hiérarchisation des institutions composant une économie ou système institutionnel selon Boyer (1996). Les institutions seraient donc des constructions sociales (le marché en est lui-même une) qui sont forgées comme des « compromis institutionnalisés » entre groupes sociaux en conflit.

Dans le contexte actuel, le régime financier piloterait nombre d'évolutions dans d'autres sphères tels que les institutions qui régulent la création et la diffusion des connaissances ce qui affecte les formes prises par le changement technique. Partant de ce constat, on s'intéresse à la complémentarité et la hiérarchie entre le régime financier et le régime de propriété intellectuelle. Notre analyse se rapproche des cadres théoriques analysant le changement technique de façon systématique mais également des approches plus ciblées sur les formes institutionnelles et leurs complémentarités.

1.1.2 Les institutions comme systèmes complexes

Hall et Taylor (1997) font la distinction entre trois écoles de pensée utilisant des méthodes d'analyses différentes cherchant à élucider le rôle joué par les institutions dans la détermination des résultats sociaux et politiques. Ils les appellent l'Institutionnalisme Historique (IH), l'Institutionnalisme de Choix Rational (ICR) et l'Institutionnalisme Sociologique (IS). La distinction faite par Hall et Taylor consiste à analyser l'attitude adoptée par ces approches pour répondre à deux questions fondamentales dans l'analyse des institutions : comment est observée la relation entre institutions et comportements individuels ? Et comment expliquer le processus de naissance et de transformation des institutions ? Le Tableau 13 résume les principales caractéristiques et les points faibles des trois courants.

Tableau 12. Une taxonomie des principales composantes d'une économie institutionnelle

	Définition	Principe	Facteur de changement
Ordre constitutionnel	Un ensemble de règles générales pour régler les conflits entre institutions, organisations et les individus.	La légitimité par la délibération	-Importante inertie dans les Etats démocratiques -Rôle du processus politique dans la redéfinition
Institution	Une manière intangible de structurer les interactions entre les organisations	Réduit ou enlève l'incertitude associée aux comportements stratégiques.	-Crises structurelles. - La faible efficacité n'est pas une raison suffisante de changement.
Organisation	Une structure de pouvoir et un ensemble de routines pour dépenser les échecs de coordination parmi les agents ou le comportement opportuniste.	Les (récompense et contrôle) sont reliées à l'institution externe ou des conventions.	-De faibles résultats dans la concurrence avec d'autres organisations. -Les crises majeures déclenchent les redéfinitions
Convention	Ensemble auto-renforçant d'anticipations et de comportements émergeant d'interactions décentralisées.	La mémoire perdue des origines de la convention la fait paraître « naturelle »	-Crise générale, invasion de conventions concurrentes. -L'efficacité est rarement un critère de sélections.
Habitus	L'adaptation à un champ donné, les déséquilibres possibles hors de ce champ.	L'adoption à un champ donné, les déséquilibres possibles hors de ce champ	-Passage d'un habitus forgé dans un champ - Nouvel apprentissage.

Source : Boyer (1996)

Tableau 13. Trois institutionnalismes

	IH	ICR	IS
Principes fondamentaux	Perspective calculatrice et asymétries de pouvoir	Perspective calculatrice et asymétries d'information	Perspective culturelle et d'apprentissage.
Comportement des agents	Comportement stratégique dans les limites données par les asymétries de pouvoir	Comportement stratégique	Comportement routinier
Rôle des institutions	Fournir des visions du monde qui façonnent les préférences et influencent la décision, réguler les conflits.	Réduire l'incertitude et faciliter la coordination	Fournir des modèles moraux ou cognitifs pour l'interprétation et l'action
Changement institutionnel	Rendu possible par la crise	Possible si les Institutions deviennent inefficaces	Difficile en raison de la dimension « culturelle » ; par apprentissage et sélection
Points faibles	Vague dans l'influence sur des institutions sur le comportement. A priori compatible avec ICR ou IS	Vision simpliste du comportement humain (rationalité, individualisme...)	Négligence des conflits de pouvoir, rôle passif des agents, explications « culturalistes » ad hoc.

Source : Amable (2001)

Concernant la première question, plusieurs oppositions émergent entre les différents institutionnalismes qui renvoient aux oppositions entre une « *perspective calculatrice* » et une « *perspective culturelle* » ainsi que l'opposition « *coordination* » et « *conflit* » dans le comportement d'acteurs. De cette façon, il existe une claire différenciation entre l'IH et les deux autres institutionnalismes concernant l'importance accordé au pouvoir et aux relations de pouvoir asymétriques. Partant de ce constat, l'IH a prêté une attention particulière à la façon

dont « *les institutions répartissent le pouvoir de manière inégale entre groupes sociaux* » (Hall et Taylor, 1997 p. 473). En effet, les institutions confèreraient un accès disproportionné au processus de prise de décision de certains groupes. L'Etat lui-même n'est alors plus un agent neutre arbitrant entre intérêts en conflit, mais un complexe d'institutions capable de structurer la nature et les résultats du conflit. La structure des institutions favoriserait certains groupes (gagnants) alors que d'autres groupes seraient perdants. Le rôle des institutions serait donc de fournir des visions du monde qui façonnent les préférences, influencent les décisions et permettent la régulation des *conflits*. Au contraire, pour l'ICR et l'IS les institutions permettraient la coordination entre acteurs. Pour l'ICR, les institutions structurent l'interaction entre acteurs dont le comportement est le résultat d'un calcul stratégique (perspective calculatrice). Les institutions procureraient les informations nécessaires pour réduire les asymétries d'information sur le comportement des autres acteurs et ainsi faciliter leur *coordination*. Pour l'IS, les institutions « *fournissent des modèles moraux ou cognitifs permettant l'interprétation et l'action. L'individu est conçu comme une entité profondément imbriquée dans un monde d'institutions composé de symboles, de scénarios et de protocoles qui fournissent des filtres d'interprétation, applicables à la situation ou à soi-même, à partir desquels une ligne d'action est définie. Non seulement les institutions fournissent des informations utiles d'un point de vue stratégique, mais elles affectent aussi l'identité, l'image de soi et les préférences qui guident l'action* » » (Hall et Taylor, 1997 p. 473). Le comportement des individus ne seraient pas entièrement stratégique mais limité par la vision du monde propre à l'individu (perspective culturelle).

En ce qui concerne, le processus d'émergence et l'évolution des institutions, Hall et Taylor (1997) soulignent que l'école des Choix Rationnels s'est intéressée davantage aux fonctions des institutions et aux avantages qu'elles procurent pour ainsi fournir les explications les plus élégantes sur l'origine des institutions. Dans cette approche la permanence des institutions dépend souvent des avantages qu'elles procurent. Cette approche serait donc très « fonctionnaliste » car l'existence d'une institution dépendrait de son efficacité ce qui ne permet pas de bien comprendre les controverses qui peuvent émerger sur la forme d'une institution et son absence

d'efficacité. D'autre part, selon Hall et Taylor (1997), l'approche est « intentionnaliste » car la création d'une institution serait maîtrisée par les acteurs qui ont eux-mêmes une perception correcte des institutions qu'ils créent avec des buts précis. Finalement, le postulat d'équilibre semble rentrer en contradiction avec l'analyse du changement institutionnel. Le changement serait possible si les institutions deviennent inefficaces. Au contraire, pour l'IS, l'émergence et la transformation des institutions va au-delà des seules considérations d'efficacité pour prendre en compte « *le rôle que des efforts interactifs d'interprétation et un souci de légitimité sociale peuvent jouer dans ce processus* ». Cela permettrait de mieux comprendre l'inefficacité de certaines institutions et leur potentiel effet sur le comportement des acteurs. Cependant, cette approche néglige (ou a du mal à l'intégrer) le rôle des conflits de pouvoir entre groupes sociaux inégaux face à l'accès aux ressources et technologies et son impact dans l'émergence et la transformation des institutions. Pour l'IH, la transformation des institutions est le résultat d'un compromis politique entre groupes sociaux en conflit. Le changement d'une institution émerge quand la forme prise par une institution ne permet plus de régler le conflit social.

Dans le cadre de notre analyse prenant en compte la nature de la question posée au départ notre approche se positionne principalement entre l'Institutionnalisme Historique (IH) et l'Institutionnalisme de Choix Rational (ICR). Cela nous permet de nous appuyer davantage sur la notion de complémentarité institutionnelle afin de comprendre l'effet des interactions entre les deux institutions que nous intéressent sur le comportement stratégique des acteurs et ainsi expliquer certaines des différences entre les industries américaine et européenne du logiciel.

1.2 Les institutions et leurs complémentarités dans l'organisation du secteur

Le concept de Complémentarité Institutionnelle (CI) a été utilisé par plusieurs chercheurs sur l'économie des institutions et la diversité de capitalismes (Aoki 2001, Amable 2000, Hall et Soskice, 2001, Coriat et Orsi, 2003). D'après Amable (2000), « *une complémentarité institutionnelle est présente lorsque l'existence ou la forme*

particulière prise par une institution dans un domaine renforce la présence, le fonctionnement ou l'efficacité d'une autre institution dans un autre domaine ». Dans cette perspective, deux institutions sont complémentaires lorsque le fonctionnement et l'existence d'une institution est renforcée par la présence d'une autre institution. D'après Amable (2005), la diversité des capitalismes est expliquée par la hiérarchie et la complémentarité entre institutions. La hiérarchie signifie qu'une ou plusieurs institutions ont un rôle particulier dans une configuration donnée : le rapport salarial dans le fordisme alors qu'à partir des années 1990 le rapport financier modifierait ou piloterait les autres domaines (Boyer et Saillard, 2002; Chavance, 2007).

Le concept de CI a été utilisé à diverses reprises afin de rendre compte de l'importante diversité et de la persistance des différences internationales dans plusieurs domaines. De même, ce concept est mobilisé pour mieux comprendre que la forme spécifique d'une institution dans des espaces différents est conditionnée par l'architecture institutionnelle qui caractérise chaque système social. La complémentarité institutionnelle a été mobilisée dans le but d'expliquer pourquoi le « *benchmarking institutionnel* » n'offre pas les résultats espérés quand il est appliqué à une forme de capitalisme. Selon Boyer (2005), l'agenda de Lisbonne proposé par l'Union Européenne qui était censé faire « *de l'Union Européenne, l'économie la plus compétitive et la plus dynamique du monde* » offre un bon exemple de la faiblesse méthodologique du « *benchmarking institutionnel* » qui consiste à copier les « meilleures pratiques » observées dans le monde.

Deux façons différentes de concevoir les complémentarités institutionnelles ont été généralement employées :

1) La complémentarité institutionnelle fait référence au concept de stabilité dynamique sans prendre en compte un quelconque concept de performance (Amable, Ernst et Palombarini, 2002). La présence d'une institution renforcerait la présence et la forme d'une autre institution. Dès lors, la complémentarité des institutions est associée à la diversité des configurations institutionnelles. Selon Amable (2001), la complémentarité institutionnelle permettrait une explication complémentaire voire

alternative aux coûts fixes et aux rendements croissants pour expliquer l'inertie institutionnelle (Amable, 2001). Plus précisément, la persistance d'une institution en apparence inefficace localement (comme par exemple le système de brevets aux Etats-Unis) peut être le résultat des rendements croissants d'adoption et leur effet sur l'enfermement dans trajectoire institutionnelle particulière. La dépendance des institutions à l'histoire conduit à une certaine inertie permettant la subsistance de certaines institutions « inefficaces ».

2) La complémentarité institutionnelle fait référence également aux « performances » d'un système et ses contradictions lesquelles seraient au cœur de la dynamique institutionnelle. La présence d'une institution renforcerait le fonctionnement ou l'efficacité d'une autre institution et par conséquent un certain type de performance du système. Cependant cette notion de performance ne signifie pas l'optimalité des arrangements institutionnels donc il n'existe pas des conditions d'efficacité idéales. Les travaux de Coriat et Orsi (2002, 2003) mobilisent le concept de complémentarité institutionnelle afin de comprendre l'émergence d'un puissant système d'innovation aux Etats-Unis qui serait dynamisé par les évolutions parallèles et complémentaires du droit de la propriété intellectuelle et de la réglementation financière. Cependant, leur analyse ne détaille pas comment opère cette CI et comment elle peut s'exprimer dans d'autres espaces institutionnels comme celui en vigueur en Europe.

La notion de complémentarité institutionnelle renvoie donc à l'analyse systématique des institutions laquelle permet de mieux comprendre les différences dans les configurations institutionnelles spécifiques à un système. Ensuite, nous observerons comment la littérature a introduit des éléments institutionnels dans l'analyse des systèmes, plus précisément des systèmes d'innovation.

1.2.1 Une organisation différenciée de l'industrie selon le pays

Depuis une trentaine d'années, l'émergence de la notion de « système d'innovation » a permis à l'analyse économique d'incorporer des éléments

institutionnels afin d'étudier le changement technique, les différences dans les systèmes scientifiques ainsi que les origines et les conséquences de l'innovation dans l'organisation et performances des économies. L'idée commune de ces approches est l'abandon d'une vision linéaire de l'innovation se développant d'une façon quasi-autonome de l'économie (produit d'une décision individuelle) au profit d'une vision plus collective et complexe dans laquelle les acteurs interagissent entre eux et leur environnement. Egalement, ces approches ont en commun l'idée que les différences, dans les systèmes d'innovation, indépendamment de l'échelle d'analyse, le résultat des différences dans les configurations institutionnelles spécifiques à chaque territoire (Amable, 2001).

Amable (2001) reprend la distinction faite pour Lundvall (1992) sur *la conception étroite* et large d'un système d'innovation. La conception étroite d'un système d'innovation reste concentrée autour des activités strictement scientifiques et techniques. Cette vision assez simpliste s'interdirait l'analyse des conséquences de l'innovation sur le reste de l'économie mais aurait comme avantage un gain de précision dans l'analyse. La littérature qui se rattache à cette conception fournit des études généralement centrées sur la firme et son environnement local. Ainsi, les déterminants nationaux dans la structuration des interactions entre acteurs peuvent parfois être mis en doute au privilège de systèmes sectoriels ou régionaux d'innovation. Au contraire, la *conception étendue* d'un système d'innovation a comme hypothèse principale que les différences structurelles nationales jouent un rôle dans les modes nationaux d'innovation, la compétitivité, la spécialisation sectorielle et la croissance. La conception étendue des systèmes d'innovation s'intéresse donc aux différences de structures institutionnelles entre pays dans une approche comparative et pas seulement à l'économie du changement technique.

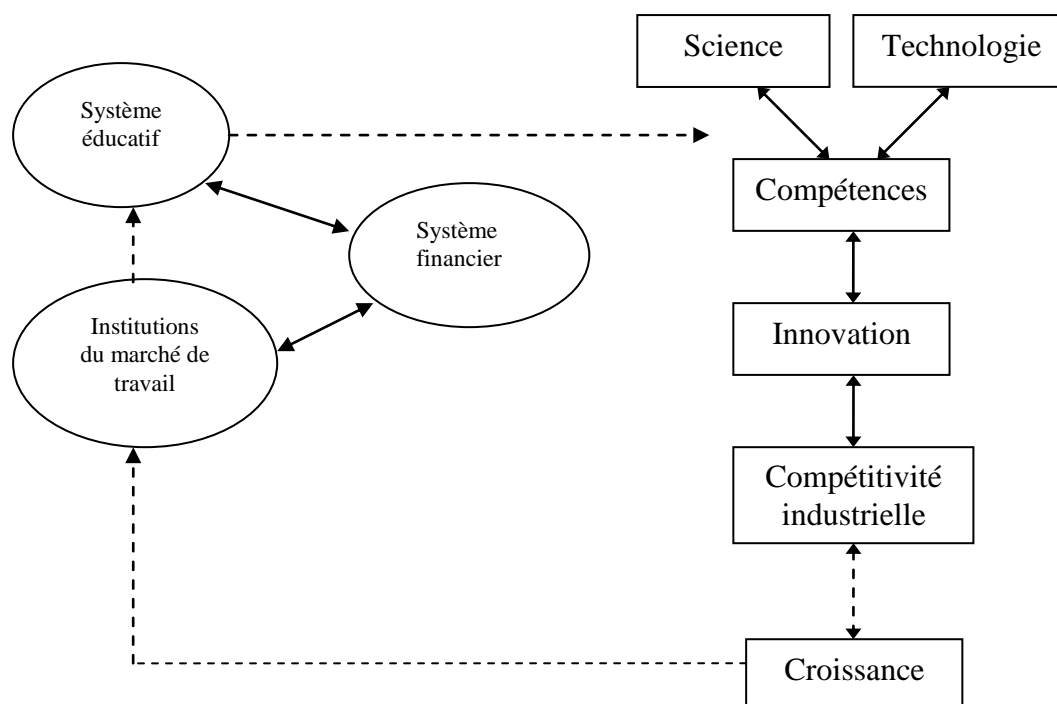
Complémentarité institutionnelle, système d'innovation et variété des capitalismes

Dans ce sens, l'approche étendue des systèmes d'innovation rejoint les travaux portant sur « la variété de capitalisme » lesquels s'interrogent sur la persistance de la

diversité malgré les forces d'homogénéisation des économies telles que l'intégration internationale croissante. Les approches en termes de variété de capitalisme ont mis en évidence que les structures institutionnelles nationales sont à l'origine des différences des capacités des économies dans certains secteurs d'activité. En effet, chaque architecture institutionnelle bénéficierait d'un avantage comparatif lié à la nature de ses institutions et à l'efficacité qu'elles autorisent pour les firmes opérant dans certains secteurs. Dans les théories institutionnalistes ce jeu d'interactions est appelé « Complémentarité Institutionnelle ». D'après Amable (2001), la mise en évidence de l'existence des avantages comparatifs institutionnels et de la compétitivité sectorielle renvoie à la diversité des structures institutionnelles et à leurs complémentarités. Ce qui lui permet de réconcilier les approches des systèmes nationaux d'innovation avec les systèmes sectoriels d'innovation.

Dans l'approche institutionnaliste des « Systèmes Sociaux d'Innovation et Production » (SSIP) d'Amable, Barré, Boyer (1997), la notion de complémentarité institutionnelle est utilisée pour analyser les interrelations entre institutions, formes organisationnelles, règles, croyances... opérant à l'intérieur de chaque sous-système. L'analyse de la diversité des SSIP prend en compte six sous-systèmes : science, technologie, industrie, système éducatif, relation de travail et système financier. Partant de ce constat, les différents pays développent des spécialisations en fonction de leurs dotations institutionnelles qui sont efficaces pour assurer la compétitivité de certains secteurs tout en pénalisant d'autres. La complémentarité institutionnelle permettrait la combinaison des incitations définies par les institutions opérant au sein de chaque sous-système. La Figure 30 schématise la théorie qui supporte l'analyse des SSIP. La complémentarité institutionnelle permet l'interaction entre le secteur scientifique chargé de produire des idées, le secteur de la technologie chargé de transformer ces idées en artefacts et le secteur industriel qui transforme les artefacts en produits commercialisables. Par ailleurs, le système éducatif, la relation de travail et le système financier sont nécessaires pour l'efficacité des interactions. L'analyse des interactions entre sous-système SSIP permet de distinguer quatre SSIP différents.

Figure 30. Système sociaux d'innovation et production



Source : Amable, Barré, Boyer (1997)

Cependant, ce n'est pas l'unique façon de concevoir les complémentarités entre dispositifs institutionnels. Le Tableau 14 résume la façon dont les différentes approches centrées sur l'innovation ou pas, incorporent les institutions, leurs complémentarités et leur hiérarchie dans leur analyse systémique. Selon Amable (2001), les complémentarités institutionnelles seraient observées de manière différente selon la posture méthodologique des institutions de chaque approche. Les approches centrées sur les technologies, avec une vision plus étroite du système d'innovation et dans lequel l'Institutionnalisme Sociologique est privilégié ont du mal à faire émerger des complémentarités. De ce fait, le Système National d'innovation (SNI) à la Nelson (1993) est marqué par un fort déterminisme technologique. Par ailleurs, dans l'approche des SNI de l'école scandinave (Lundvall, 1992), les principales composantes du système seraient les étroites interactions entre utilisateurs et producteurs autour de certaines techniques. Au contraire, la conception plus étendue d'un système permettrait d'incorporer une gamme plus large de composantes du système. Ainsi, dans le Systèmes Sociaux de

Production d'Hollingsworth (2000), 6 composantes institutionnelles sont incluses et interagissent en référence aux normes sociales fondamentales. Finalement, dans l'approche en termes de variété de capitalisme de Hall et Soskice (2001), la complémentarité institutionnelle s'exprime dans la manière de gérer la coordination entre agents et dans la définition d'engagements crédibles (Par ex. entre Banque Centrale et partenaires des négociations salariales).

Tableau 14. Les Différentes conceptions des systèmes, centrés par l'innovation ou non

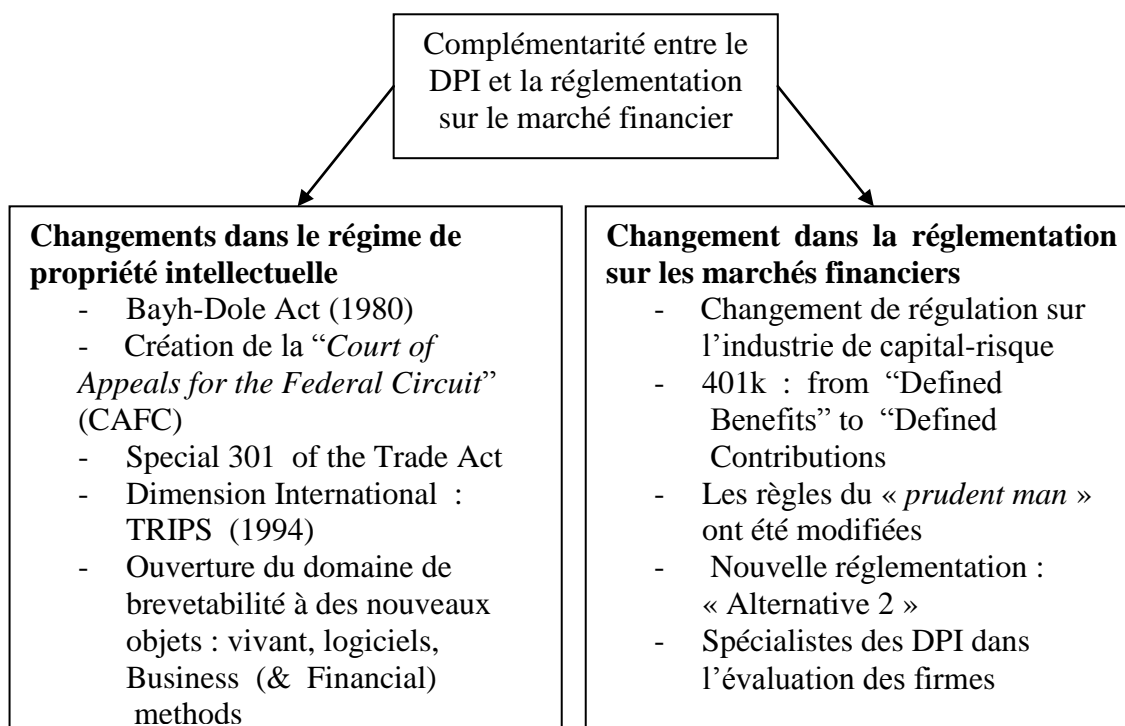
Approche	Institutionnalisme	Composantes du système	Complémentarité institutionnelle	Hiérarchie des institutions
SNI à la Freeman Ex.: Freeman [1987]	Principalement IH	Politiques éducatives et technologiques; organisation interne des firmes	Capacité à définir des objectifs de croissance à long terme en combinant le mode de gestion des firmes, le système éducatif et la politique technologique	Prépondérance de la dimension volontariste des politiques publiques
SNI de "l'école scandinave" Ex.: Lundvall (1992)	Principalement IS	Interactions entre utilisateurs et producteurs autour de certaines techniques. Références à un contexte plus large, qui reste largement sous-théorisé.	Complémentarités techniques autour de technologies communes à certaines activités industrielles, références culturelles communes, politiques nationales.	Primat de la technologie (en fait la connaissance) et de l'apprentissage
SNI à la Nelson (1993)	Principalement IS	Principalement le système scientifique et technique	Pas très explicites. Spécifiques à chaque pays.	Déterminisme technologique
Systèmes Sociaux de Production Ex.: Hollingsworth [2000]	Principalement IS, aussi IH	Six composantes institutionnelles	En référence aux normes sociales fondamentales ; isoformisme sociale	Hiérarchie par la stabilité; du plus stable (valeurs, normes) au plus variable (output et performance)

Variétés de capitalisme Ex.:Hall et Soskice (2001)	ICR et IH	Mode de coordination entre firmes, entre finance et industrie et mode de négociation salariales	Dans la manière de gérer la coordination entre agents et dans la définition d'engagements crédibles.	Dépend des compromis politico économiques. Varie au cours de temps
Systèmes Sociaux d'innovation et de production Ex.: Amable et al. [1997]	IH et ICR	Six sous-systèmes: science, technologie, industrie, relation salariale, système de formation, système financier	Par combinaison des incitations définies par les institutions opérant au sein de chaque sous-système	Dépende de la période historique considéré

Source : Amable (2001)

Coriat et Orsi (2002, 2003) mobilisent le concept de complémentarité institutionnelle afin de comprendre l'émergence d'un puissant système d'innovation aux Etats-Unis qui serait dynamisé par les jeux d'interactions entre les DPI et les structures financières. La hiérarchie entre institutions ferait en partie que l'analyse se centre sur les transformations des réglementations des DPI et les réglementations sur les marchés financiers. En effet, ces deux dispositifs institutionnels sont au cœur du dynamisme du système d'innovation américain ainsi que de sa contradiction. La Figure 31 résume les principales transformations des réglementations dans les deux domaines (voir la section précédente pour une description plus large des transformations dans la réglementation).

Figure 31. Principales transformations consolidant l'émergence d'une puissante complémentarité institutionnelle aux Etats-Unis



L'approche de Coriat et Orsi (2003) et celle des SSIP ont en commun de mettre en évidence que chaque pays (Etats-Unis pour le premier et les pays de l'OCDE pour le deuxième) développe sa spécialisation en fonction de ses dotations institutionnelles qui sont efficaces pour assurer la compétitivité de certains secteurs tout en pénalisant d'autres. Selon Coriat et Orsi(2003) le CI a favorisé l'émergence d'un système d'innovation très dynamique privilégiant la promotion des nouvelles firmes dans des nouveaux secteurs aux Etats-Unis (software et biotech). Par ailleurs, l'approche en termes des SSIP a mis en évidence que les complémentarités entre sous-système ont permis au mode de régulation (SSIP) anglo-saxon d'être favorable aux secteurs liés aux innovations radicales : *informatique*, espace, pharmacie, finance et industrie des loisirs. Le mode de régulation social-démocrate serait plus favorable aux secteurs répondant à la demande sociale (santé, sécurité, environnement,...) ou exploitant les ressources naturelles par remontée technologique. Le mode de régulation à forte impulsion étatique (publique/intégration) serait plus favorable aux secteurs liés aux grandes

infrastructures publiques : transport, télécommunications, aéronautique, espace, armement. Finalement, le mode de régulation méso-corporatiste serait spécialisé dans des secteurs nécessitant de larges coordinations et mobilisant une compétence localisée mais cumulative : automobile, électronique, robotique. Au niveau du financement et de l'innovation les caractéristiques principales de la typologie des SSIP d'Amable, Barré, Boyer (1997) seraient donc:

Tableau 15. Finance et Innovation dans les SSIP d'Amable, Barré, Boyer (1997)

Finance			
SSIP fondé sur le marché	Mésocorporativate	Intégration publique européenne /public	Social-démocrate
Système financier fondé sur les marchés et sophistication des services financiers. Innovation financière, influence forte des actionnaires	Relations de long terme stables entre la banque principale et un <i>keiretsu</i>	Importance des banques. Sophistication relativement faible des services financiers	Système financier à base des banques. Aucune sophistication des services financiers.
Innovation			
SSIP fondé sur le marché	Mésocorporativate	Intégration publique européenne /public	Social-démocrate
Vagues d'innovation schumpétériennes (radicales). Importance <i>des brevets</i> et incitations individuelles à l'innovation.	Capacité d'imiter, transférer et transformer la technologie en commençant avec les innovations incrémentales	A la fois des projets de type de mission de grande taille et innovation incrémentale de qualité	Innovation liée aux problèmes sociaux et économiques

Source : Amable, Barré, Boyer (1997), Amable(2000)

Cependant, Coriat et Orsi (2003) ne précisent pas comment opère la CI et comment elle s'exprime dans d'autres territoires (dans les autres modes de régulation). Par ailleurs, l'hétérogénéité intra-industrielle est ignorée dans l'analyse en termes des SSIP car l'organisation des firmes n'y est pas intégrée (Lung, 2008). Nous devons donc nous intéresser à mettre en évidence comment opère la CI entre ces deux institutions dont la hiérarchie semble favoriser l'émergence des nouveaux

« *business models* » ainsi que observer l'hétérogénéité intra-industrielle afin d'observer comment cette CI peut favoriser certains acteurs dans d'autres pays. Dans notre analyse, nous nous intéressons à préciser comment opère la CI aux Etats-Unis et en Europe. De même, Nous devons intégrer une partie de l'hétérogénéité intra-industrielle. Nonobstant, notre analyse est aussi confrontée à une perte analytique importante car la diversité européenne n'est pas totalement intégrée de même que la forte hétérogénéité intra-industrielle. Nous cherchons à avoir un gain analytique en considérant que la complémentarité institutionnelle entre les DPI et la finance favorise certains acteurs et peut être aussi analysée en Europe. Nous étudierons donc comment opère cette complémentarité dans la dynamique de certains acteurs du secteur et comment elle structure l'organisation de ce dernier.

1.2.2 Complémentarité Institutionnelle et hétérogénéité des formes d'organisations

Le jeu d'interactions entre DPI et structures financières doit être associé à trois caractéristiques du secteur du logiciel: l'hétérogénéité des formes d'organisation, la forte asymétrie dans la distribution de taille, et la présence des standards technologiques. En effet, comme on l'a observé dans le chapitre précédant le secteur du logiciel est caractérisé par une importante hétérogénéité des formes d'organisation qui est centrale à sa dynamique⁵³. Par ailleurs, le secteur est caractérisé par une forte asymétrie dans la distribution des tailles: la présence de quelques acteurs de grande taille tels qu'IBM, Microsoft et SAP, concentrant une partie très importante des marchés et une multiplicité de petites structures. Finalement, la présence des standards technologiques est essentielle dans l'organisation productive des firmes: il cohabiterait en effet des modèles de développement propriétaires, libres et hybrides.

⁵³ Il existe donc une multiplicité d'acteurs tels que les éditeurs des logiciels standards et sur mesure, les Sociétés des Services en ingénierie Informatique (SSII) ainsi que les nouveaux arrivants tels que les constructeurs informatiques et les opérateurs des télécommunications, ces derniers offrent de plus en plus de services informatiques et sont aussi d'importants producteurs de logiciel embarqué

Le jeu d'interactions entre DPI et structures financières doit s'adapter aux particularités du secteur. L'hétérogénéité des firmes impliquerait une variété de formes d'articulation des firmes aux institutions structurant le secteur ainsi que des enjeux d'intérêt relativement différents dans une architecture institutionnelle donnée. On serait en présence d'une multiplicité des formes d'organisation mais aussi d'une variété des architectures institutionnelles dans lesquelles ses formes d'organisation évoluent. Les transformations des institutions et la construction des complémentarités institutionnelles font partie d'un processus véhiculé par le politique afin d'atteindre un certain but qu'on appellerait ici: une performance sectorielle. La complémentarité institutionnelle entre la finance et le brevet serait favorable à renforcer la capacité innovatrice de certaines firmes du secteur indépendamment de l'espace institutionnel dans lequel elles évoluent. Cependant, la complémentarité semblerait favoriser davantage la performance de certaines firmes dans le secteur et principalement les firmes américaines.

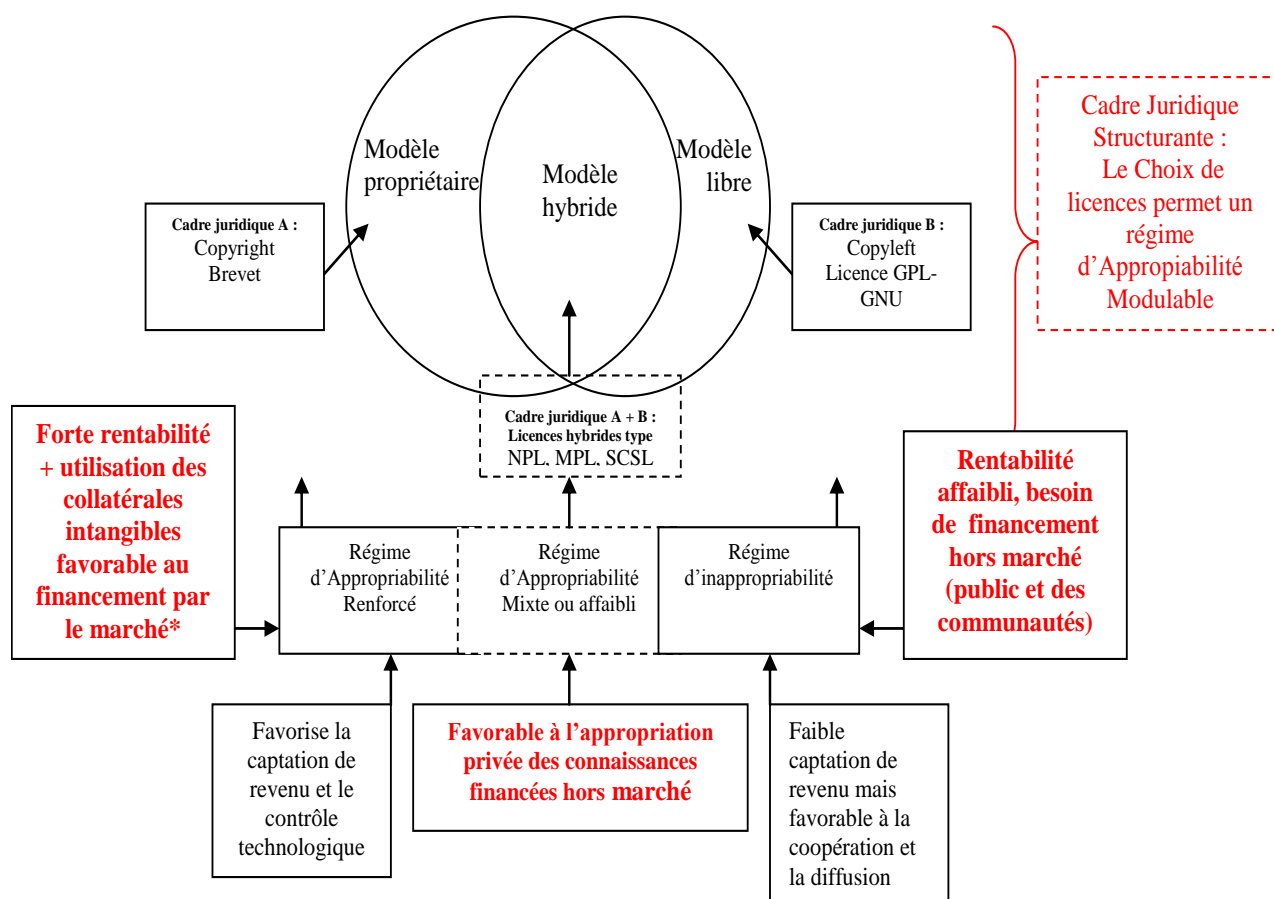
Quelles autres interactions entre DPI et financement peuvent exister?

Les complémentarités entre les DPI renforcés (le brevet) et les structures des marchés financiers semblent avoir favorisé la consolidation de la domination américaine à travers la promotion des PME et le soutien dans la domination d'acteurs leaders. Cependant, cette complémentarité n'est pas l'unique envisageable pour l'industrie du logiciel. Le schéma ci-dessous représente la façon dont les deux modèles d'innovation du secteur se procurent des financements pour leurs activités novatrices, l'innovation étant un phénomène qui a besoin d'un engagement régulier des ressources financières.

De manière très générale, le financement de l'activité productive et novatrice de firmes logiciel du modèle propriétaire peut se voir favorisé car ce modèle semble fournir par nature une captation du revenu supérieure à celle du modèle libre (OSS) de même qu'il favorise le contrôle technologique (Muselli, 2008). En revanche, le modèle d'innovation logiciel libre (OSS) pourrait avoir des difficultés croissantes à augmenter le financement privé et à se développer car le *copyleft* implique par nature l'impossibilité de s'approprier les développements faits au logiciel de base. Ce qui

implique une difficulté additionnelle pour capter des revenus et pour contrôler la direction du changement technologique. Toutefois, compte tenu de l'importance du logiciel libre en tant que modèle d'innovation de «connaissance pure», de coopération et du don au sein de la société de la connaissance, les décideurs publics ainsi que d'autres acteurs particuliers autour des communautés (tels que les entreprises privées et les ingénieurs informaticiens) apportent le soutien financier nécessaire à cette organisation productive alternative parce qu'ils y trouvent leur intérêt (Figure 32).

Figure 32. Appropriabilité et financement dans l'industrie du logiciel : caractéristiques et contours



**Dans ce type de régime d'appropriabilité, la captation du revenu étant favorisée, les acteurs dominants dans ce modèle ont pu consolider une puissante capacité d'autofinancement pour s'extraire du financement par le marché.*

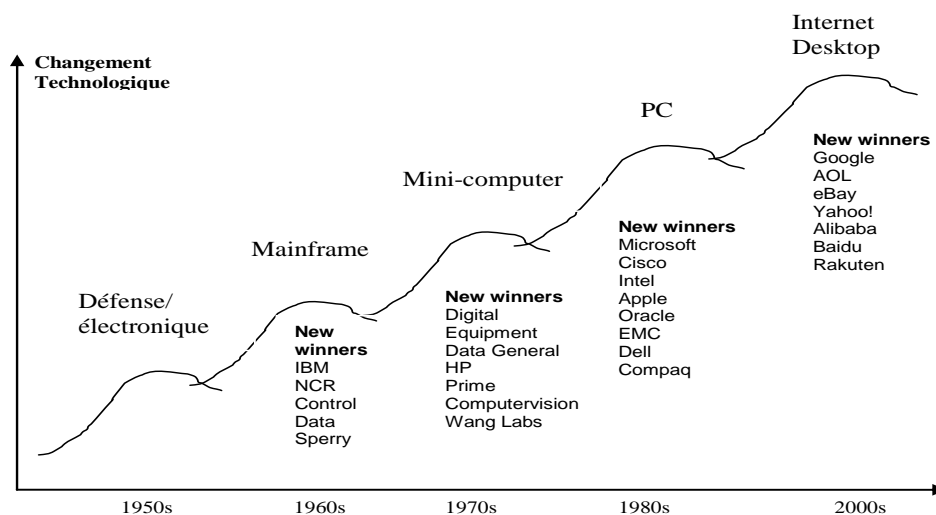
La participation des communautés du logiciel libre deviendrait une sorte de financement hors marché complémentaire du financement par le marché mais

directement dirigé vers une technologie ouverte. L'objectif d'une multiplication des participations aux projets OS serait plus lié aux opportunités ouvertes par ce type de technologie (qualité du logiciel OS, accès à des milliers de développeurs, réduction des risques juridiques, etc.) alors que la logique de domination par le contrôle technologique et la concentration du chiffre d'affaires serait fortement réduite voire n'existerait plus. Cela a des conséquences sociétales de grande ampleur mais transformerait aussi la stratégie des firmes dans la concurrence pour les différentes ressources: financières, travail, approvisionnements et marchés. Partant de ce fait, la grande diversité intra-industrielle au sein de l'industrie du logiciel est un grand champ d'analyse pour comprendre la manière dont des acteurs à modèles productifs très différents mobilisent leurs stratégies afin de construire des avantages comparatifs cependant c'est aussi un obstacle d'ampleur pour tirer des conclusions généralistes.

1.2.3 Des performances supérieures pour certains acteurs

Le jeu d'interactions entre les DPI et les structures financières devrait favoriser le secteur du logiciel à travers deux types de performances. La première est la croissance et la survie des firmes du logiciel (performance des PME) et la deuxième est la capacité à conserver le leadership et la domination du secteur (performance des grands acteurs). En effet, l'industrie du logiciel, est caractérisée par la présence d'un processus permanent d'émergence et de consolidation de nouveaux segments (voir la Figure 33) ce qui explique en partie le fort niveau d'entrée des nouvelles sociétés et la forte asymétrie dans la distribution de la taille des firmes du secteur. Dès lors, dans le secteur cohabitent quelques grands acteurs historiques très innovants qui concentrent une part importante des revenus du secteur et une multiplicité de petites sociétés génératrices d'un grand nombre d'emplois qualifiés. Au niveau mondial, 15 firmes du top20 mondial sont des firmes américaines, elles concentrent 37% du marché mondial. (EITO/PAC, 2008).

Figure 33. Changement technologique par vagues d'innovation et émergence de nouveaux acteurs aux Etats-Unis (1950-2000)



Source: Silicon Valley Edge, Stanford Business Books.

Au vu des deux types de performances annoncées, les firmes américaines semblent donc très performantes car d'une part, les start-up innovatrices arrivent très rapidement à se positionner dans de nouveaux segments accélérant leur croissance et augmentant leurs probabilités de survie, et d'autre part les firmes dominantes assurent leur leadership et leurs capacités de domination du secteur. Pour sa part, l'industrie européenne du logiciel semble avoir un déficit de champions nationaux à l'échelle internationale, par ailleurs elle a du mal à fournir un environnement favorisant la croissance et la survie des start-up.

Le jeu d'interactions entre les DPI (on se focalisera ici sur l'analyse des brevets) et les structures financières opérerait ici en permettant l'émergence des nouveaux acteurs à chaque nouvelle vague de changement technologique dans le secteur. En effet, ces dernières années les firmes à fort capital intangible seraient davantage alimentées en ressources financières par les capitaux-risqueurs et lors l'introduction en bourse. Cette hypothèse a été peu explorée par la littérature analysant l'industrie du logiciel américaine mais il y a une absence des travaux pour l'industrie européenne du logiciel.

La position de l'Europe en matière d'Open Source

La prise en compte de l'hétérogénéité intra-industrielle nous permet aussi d'observer que si bien globalement les Etats-Unis semblent bien dominants, l'Europe possède de solides atouts dans certains domaines du logiciel : 1) Les services informatiques et les logiciels applicatifs. 2) Les logiciels industriels (notamment PLM-cycle de vie du produit), avec une communauté d'entreprises très active. 3) le logiciel embarqué. 4) Logiciel autour des technologies de carte à puce. Dans les standards émergents tels que le logiciel libre l'Europe possède une forte présence au sein de la communauté Open Source. Les nombreux atouts de l'Europe sont d'autant plus importants que l'industrie n'y est pas stabilisée et les ruptures technologiques représentent des nouvelles opportunités pour les acteurs du secteur.

La position des institutions européennes pour supporter le logiciel libre n'est pas claire. Les différentes études sur l'impact et le positionnement de l'Europe en matière de logiciel libre montrent des résultats contrastés. Ces rapports identifient des grandes opportunités liées à un support massif pour le logiciel libre en Europe. Le rapport final du projet FLOSS en 2006, met en évidence l'importance des logiciels libres et Open Source (dits Floss : Free Libre Open Source Software) sur l'innovation et la compétitivité du secteur des Technologies de l'Information et des Communications (TIC) en Europe. Cependant, il n'y a pas une politique claire en matière de logiciel libre en Europe. Le rapport FLOSS(2006) met en évidence l'importance croissante du logiciel libre en plusieurs segments du logiciel et des TIC. Le logiciel libre Européen serait une opportunité car l'Europe est très dynamique en matière de développeurs et projets ainsi parce que la participation du logiciel libre dans le secteur public est importante. Cependant, l'émergence du logiciel libre comme une base logicielle solide et favorable à l'innovation en Europe est difficile à évaluer. Les ventes de logiciels libres sont généralement mesurées en pourcentage du chiffre d'affaires des Services Informatiques. Selon les chiffres PAC(2008), le volume des ventes de logiciels libres était faible en 2007 malgré leur dynamisme: elles étaient inférieures à 1% des services informatiques pour l'Allemagne et le Royaume-Uni et 2,4% en France.

2. La complémentarité brevet-finance l'organisation des firmes du logiciel

Sur la base de la définition de Amable (2000), nous définirons une complémentarité institutionnelle sectorielle (plus précisément dans l'industrie du logiciel) ainsi : une complémentarité pour l'industrie du logiciel est présente lorsque l'existence ou la forme particulière prise par une institution (par exemple : le brevet logiciel) dans un domaine structurant le secteur (le droit de propriété intellectuelle) renforce la présence, le fonctionnement ou l'efficacité d'une autre institution (par exemple : le capital-risque spécialisé, l'introduction en bourse) dans un autre domaine structurant le secteur (les structures financières) et vice-versa. Cette complémentarité impliquerait donc des performances supérieures pour **certains acteurs** au détriment d'autres. Ainsi, l'organisation de la firme serait orientée pour tirer profit des opportunités ouvertes par les institutions et les interactions entre elles. Cette définition prend en compte deux domaines institutionnels clés dans la structuration du secteur, à savoir les structures financières et le Droit de Propriété Intellectuelle, et leurs transformations, ainsi qu'une certaine performance liée à *l'hétérogénéité des formes d'organisation* de firmes. Avec cette définition des CI restreinte au niveau du secteur, nous étudierons comment le DPI renforcent la présence, le fonctionnement et l'efficacité du financement par capital-risque ainsi que lors de l'introduction en bourse. Ainsi, les droits de propriété intellectuelle (DPI) des logiciels apparaissent comme des structures juridiques qui influencent fortement les rendements des investissements innovateurs, les structures du marché (Graham et Mowery, 2003), ainsi que l'orientation de l'innovation (Moser, 2005). Les DPI permettraient entre autres de réduire la difficulté des investisseurs (capital-risqueurs et lors l'introduction en bourse) à évaluer les actifs intangibles et la complexité des modèles économiques des firmes.

Cette deuxième sous-section a comme objectif d'observer à travers une revue de littérature comment la complémentarité entre le brevet et les modes de financement opère dans la performance des industries du logiciel. Nous observerons, d'abord les principaux éléments nous permettant de considérer que les interactions entre brevet

et les structures financières jouent un nouveau rôle dans l'émergence des nouvelles sociétés (2.1) Nous observerons ensuite les interactions entre les brevets et les structures financières dans la consolidation d'acteurs dominants du secteur (2.2).

2.1 Brevet et financement par les marchés dans l'émergence des « success stories ».

La littérature a mis en évidence la valeur des brevets comme des signaux pour les investisseurs (Long, 2002; Higgins et al., 2011; Heeley et al., 2007; Hsu et Ziedonis, 2008). Dans cette sous-section nous nous intéresserons à la manière dont les firmes du logiciel utilisent le système de brevet pour favoriser leur financement et ainsi tirer bénéfice de leurs IPs. En effet, comme nous l'avons remarqué précédemment, elles utilisent les brevets comme un outil leur permettant d'attirer des investisseurs de plus en plus avertis au risque. Tout d'abord, ils favoriseraient le financement de capital-risqueurs (2.1.1). Ensuite, ils favoriseraient l'évaluation de la firme au moment de l'introduction en bourse. (2.2.2)

2.1.1 La complémentarité entre les brevets et capital-risque dans les performances des firmes du logiciel

La littérature a mis en évidence les relations complexes entre capital-risque et brevet (Mann, 2005 ; Mann et Sager, 2007 ; Hsu et Ziedonis, 2008). Les brevets seraient un signal attirant le financement des capital-risqueurs alors qu'en même temps le capital-risque serait associé à de meilleures performances innovatrices de la firme. Les entretiens rapportés par Mann (2005) suggèrent que la détention des brevets (ou la perspective d'obtenir des brevets) peut souvent être utile aux firmes du logiciel pour l'obtention de financement par capital-risque. En effet, les investisseurs considèrent que la protection des brevets est un outil qui pourrait fournir une différenciation durable (parfois appelé avantage concurrentiel) aux firmes et par conséquent ils fourniraient un signal sur les meilleurs investissements potentiels. Le signal fourni par le brevet influencerait le comportement des investisseurs lesquels

opèrent souvent sur la base des croyances sur la performance future des firmes et marchés.

Mann (2005) suggère que les brevets semblent avoir une multiplicité d'effets selon le stade de développement de la firme. Pour les firmes en phase de pré-recettes, les brevets ont peu ou aucune valeur. A ce stade les investisseurs en général sont plus intéressés par l'expérience dans la commercialisation de produits et la gestion de la firme que par la possession des DPIs. Pour les start-up génératrices de revenus, les brevets semblent avoir une valeur positive dans certains segments logiciels. Pour les grandes sociétés, les brevets faciliteraient un certain équilibre concurrentiel à travers les licences croisées (Mann, 2005). De cette façon, les brevets fourniraient une différenciation durable aux firmes qui ont un pouvoir de marché suffisant pour réaliser des profits.

Mann (2005) remarque également que plus une start-up avance dans le cycle du financement du capital-risque, plus les brevets s'avèrent utiles pour protéger la firme de la pression des grandes sociétés pour qu'elles s'introduisent en bourse. Par ailleurs, les brevets ont une valeur hétérogène pour les entreprises soutenues par capital-risque. En effet, les brevets semblent être plus importants pour les éditeurs de logiciels pour lesquels l'innovation est dans la conception et la fonctionnalité, plutôt que dans l'exécution. Pour les éditeurs, les brevets pourraient être utiles pour empêcher les concurrents de développer des produits qui offrent des fonctionnalités similaires. Au contraire, pour les firmes qui font des applications, le copyright peut fournir une protection adéquate à ces produits. Le brevet aurait donc pour les SSII moins de valeur que pour les éditeurs de logiciels (Mann, 2005; Mann et Sager, 2007).

Ainsi, les brevets seraient très valorisés par les investisseurs en capital-risque parce qu'ils véhiculent de l'information sur les compétences opérationnelles des gestionnaires de la firme logiciel. Mann et Sager (2005) suggèrent qu'un brevet de plus dans le portefeuille global des brevets de la société est lié à une augmentation de \$2,7 millions de dollars d'investissement total du capital-risque. De même, les

firmes qui possèdent des brevets reçoivent environ \$10,7 millions de plus d'investissement total de capital-risque que les firmes sans brevet⁵⁴.

D'autre part, la littérature a mis en évidence le rôle des capital-risqueurs dans les performances innovatrices des firmes. Kortum et Lerner (1998; 2000) ont trouvé qu'un dollar investi dans une start-up soutenue par un fond de capital-risque est environ trois fois plus important pour stimuler de nouvelles inventions qu'un dollar investi en R&D dans une société quelconque. Les brevets déposés seraient aussi de meilleure qualité car ils sont plus cités et sont plus litigieux (Kortum et Lerner, 1998; 2000).

Le Tableau 16 montre les principales caractéristiques des firmes qui ont obtenu du financement par capital-risqueurs et celles qui ne l'ont pas obtenu et leur introduction en bourse aux Etats-Unis et Europe entre 2000 et 2009⁵⁵.

Tableau 16. Caractéristiques des firmes du logiciel supportées par capital-risque ou pas aux Etats-Unis et en Europe

Variable	Etats-Unis		Europe	
	Soutenue par c-r n = 57	non-soutenue n = 177	Soutenue par c-r n = 48	non-soutenue n = 194
	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
<i>Age à l'introduction</i>	6,94	8,91	5,75	6,49
<i>Nombre de brevets déposés</i>	33,61	7,82	3,38	1,75
<i>Nombre de brevets obtenus</i>	16,40	3,78	3,04	1,22
<i>Citations à l'introduction</i>	299,82	43,88	17,42	4,25
<i>Au moins un brevet déposé</i>	0,93	0,59	0,35	0,20
<i>Total d'actifs (en € millions)</i>	135,99	238,91	96,40	123,10
<i>Chiffre d'affaires (en € millions)</i>	133,35	43,73	64,12	88,98
<i>Part des PME**</i>	0,25	0,25	0,12	0,61
<i>ROA</i>	-0,16	-0,35	-0,12	-0,26
<i>Montant collecté (en € millions)</i>	327,73	103,43	76,43	66,66

** turnover < € 10 Millions en Europe et € 25 Millions aux Etats-Unis

Source: Auteur sur la base de Bureau van Dijk's Zephyr database et Qpad

⁵⁴ Cela a été constaté pour les Etats-Unis mais il y a très peu d'évidence nous permettant de considérer que les capital-risqueurs spécialisés dans l'informatique ont des comportements similaires en Europe, et quelle est la différence du brevet comme signal aux Etats-Unis et Europe.

⁵⁵ La méthodologie utilisée pour construire cette base de données est présentée dans la première partie du chapitre 3.

Sur un échantillon de 476 firmes du logiciel introduites en bourse seulement 22% des firmes ont été financés par capital-risque. Ces dernières ont eu des meilleures performances lors l'introduction en bourse en matière d'innovation (mesurée par le nombre de brevets déposés et obtenus ainsi que leur qualité mesurée par le nombre des citations) que les firmes qui n'ont pas eu ce type de financement. On constate que 93% et 35% des firmes financées par capital-risque ont déposé au moins un brevet avant l'introduction en bourse aux Etats-Unis et en Europe, respectivement. On remarque également que respectivement 59% et 20% des firmes non financées par capital-risque ont déposé au moins un brevet. Les firmes financées par capital-risque ont aussi en moyenne accéléré leur introduction en bourse. Finalement, la capacité à générer des revenus de firmes financées par capital-risque a été supérieure à celle des firmes qui n'ont pas reçu ce financement aux Etats-Unis alors que le contraire semble se passer en Europe.

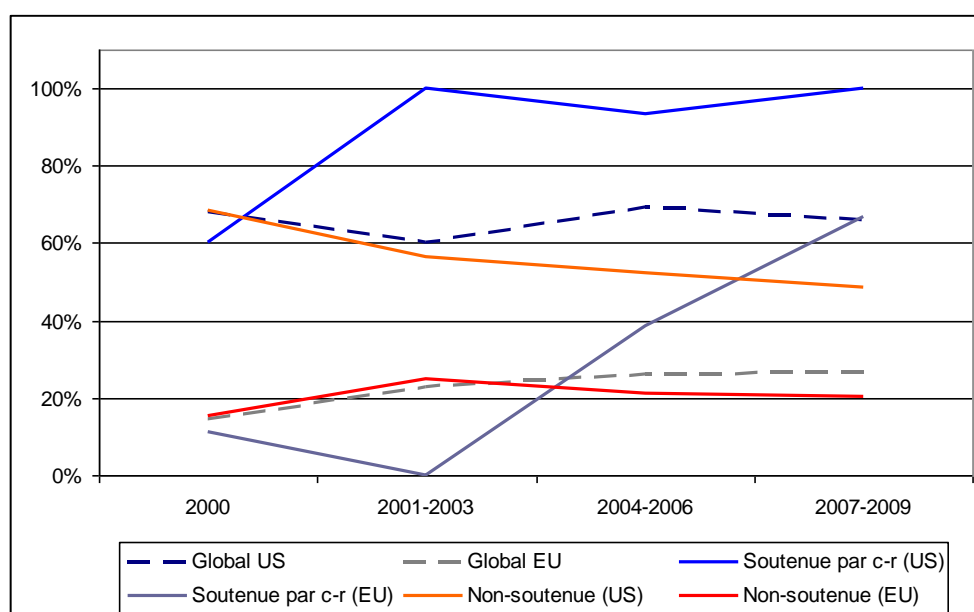
2.1.2 Les brevets sont aussi des signaux pour les investisseurs lors de l'introduction en bourse (IPO)

La revue de littérature de la première section, nous a permis d'observer le caractère stratégique de l'introduction en bourse ainsi que les avantages de l'accès aux marchés financiers. L'introduction en bourse permettrait de lever des liquidités importantes et réduirait le coût du capital (Ritter et Welch 2002; Brau and Fawcett, 2006; Wilbon, 1999) ce que faciliterait le financement des projets novateurs. Elle permettrait également aux firmes d'augmenter leurs capacités innovatrices à travers l'accès aux nouvelles ressources (telle que la main d'œuvre hautement qualifiée) et marchés (elle améliorerait l'image des firmes introduites) nécessaires pour soutenir le rapide processus d'innovation du secteur logiciel. Par ailleurs, l'introduction en bourse est considérée comme une première étape pour accélérer la croissance à travers les fusions-acquisitions (Brau et Fawcett, 2006).

C'est pourquoi, les firmes du logiciel souhaitant s'introduire en bourse ont des incitations à signaler leur valeur afin d'attirer les investisseurs lors de l'introduction (Wilbon, 1999; Stuart et al., 1999 ; Higgins et al., 2011; Heeley et al., 2007; Hsu and

Ziedonis, 2008). La Figure 34 montre que la détention des brevets est devenue de plus en plus courante pour les firmes du logiciel soutenues par les capitaux-risque au moment de l'introduction en bourse aux Etats-Unis et en Europe⁵⁶. On observe également une tendance croissante à déposer des brevets avant l'introduction en bourse en Europe alors qu'il y a une tendance plutôt décroissante pour les firmes qui n'ont pas reçu ce type de financement aux Etats-Unis. Par ailleurs, comme nous l'avons observé précédemment, les firmes européennes ont tendance à être plus risquées au moment de leur introduction en bourse car elles sont plus jeunes, plus petites, moins profitables et solvables. Ces caractéristiques diminueraient leur attractivité face aux investisseurs (de plus en plus averses au risque surtout dans le contexte économique de la décennie).

Figure 34. Pourcentage des start-up qui possèdent des brevets au moment de l'IPO entre 2000-2009



Source : Auteur sur la base de Bureau van Dijk's Zephyr database et Qpad

⁵⁶ Ce résultat est cohérent avec l'analyse de Ziedonis (2008) qui observe la tendance à breveter de plus de 3000 start-up soutenues par un capital-risque dans les secteurs du logiciel, des dispositifs médicaux et des semi-conducteurs au moment de l'introduction en bourse, entre 1995-2002 aux Etats-Unis. Elle montre que seulement une sur trois des start-up de logiciels avait déposé des brevets avant leur introduction en bourse en 1995. Plus tard, en 2002, quatre sur cinq start-up de logiciels ont cherché à déposer des brevets avant de s'introduire en bourse.

Alors, dans le chapitre 3 nous étudierons la valeur du capital-risque et des brevets comme signal pour les investisseurs lors l'introduction en bourse. L'hypothèse principale que nous testerons est la suivante:

H1: le brevet a un rôle comme signal pour les investisseurs en bourse. La valeur du brevet comme signal n'est pas homogène entre pays et elle est associée à la rareté du signal et la difficulté de l'obtenir.

Si l'hypothèse s'avère confirmée, l'évidence permettra de corroborer l'idée de Coriat et Orsi (2003) sur les complémentarités entre les transformations du régime de propriété intellectuelle et les nouvelles réglementations des marchés financiers aux Etats-Unis. Cette complémentarité favoriserait certains types des firmes : les firmes novatrices dont le business model est plutôt favorable au dépôt de brevet. Par ailleurs, cette complémentarité peut être aussi envisagée en Europe car les firmes, étant plus risquées, profitent de plus en plus du brevet comme outil pour attirer les investisseurs. Cependant, la voie reste ouverte pour tester l'impact des outils de protection tels que le copyright, les marques (*trademarks*) et la participation à des projets OS sur les montants levés lors l'introduction en bourse ou autre types de financement comme le financement public. Nous considérons que ces modèles hybrides se voient favorisés d'une part par les marchés financiers mais aussi par les avantages à participer à des projets ouverts (par exemple, disposer du code source ouvert et d'une grande communauté de développeurs prêts à mettre à disposition du mouvement leurs compétences).

2.2 La complémentarité entre les brevets et la finance dans la consolidation d'acteurs dominants

Le dépôt de brevet stratégique favoriserait l'accès aux ressources financières à travers le capital-risque et l'introduction en bourse à condition que les firmes hautement risquées possèdent des actifs intangibles. Le système des brevets serait donc perçu par de nombreuses firmes du logiciel comme un moyen encourageant

l'innovation mais aussi comme un outil encourageant la divulgation des informations techniques afin d'attirer l'attention des tiers (principalement des investisseurs). La divulgation des informations aurait donc des effets positifs pour les investisseurs car elle permettrait de réduire les asymétries d'information entre les firmes et les managers permettant de mieux identifier les caractéristiques technologiques et innovatrices des firmes. La divulgation des informations à travers les brevets permettrait également d'attirer l'attention de potentiels partenaires/clients/concurrents sur le développement technologique de la firme.

Cette sous-partie a comme objet de discuter de l'accès aux technologies (et aux brevets) à travers les fusions-acquisitions dans l'industrie. La section 2.2.1 introduira des éléments sur l'émergence d'un marché de technologies (brevets) dans l'industrie. On s'intéressera particulièrement à l'identification des technologies puis au rachat de la firme. La section 2.2.2 discutera de l'innovation et du brevet comme un mécanisme favorisant la survie et la croissance (à travers) des firmes du logiciel.

2.2.1 Le marché des technologies à travers les fusions-acquisitions

Dans un contexte de mondialisation et de changement technologique accéléré, les fusions-acquisitions sont devenues une stratégie de croissance de plus en plus utilisée. Les fusions-acquisitions seraient le moyen le plus rapide pour acquérir de nouvelles capacités (compétences), consolider des portefeuilles de brevets et accéder à de nouveaux marchés. Elles seraient aussi une stratégie de domination car elles permettraient aux firmes établies d'une part, d'absorber des concurrents capables de déstabiliser la hiérarchie du secteur⁵⁷ et d'autre part, d'éviter qu'un concurrent direct s'approprie des technologies ou des marchés stratégiques. La littérature a mis en évidence que les acquisitions seraient fortement encouragées par le transfert de

⁵⁷ L'importante croissance du logiciel dans la vie quotidienne, le rapide changement technologique du secteur avec les multiples possibilités d'affaires, ainsi que l'importante rentabilité qui caractérise le secteur ont favorisé la création de nouvelles firmes (et donc l'émergence de nouveaux sous-secteurs) capables de déstabiliser la hiérarchie du secteur dans ses différents segments.

connaissances des actifs intangibles de la firme rachetée à la firme acheteuse (Granstrand et Sjölander, 1990; Coff, 1999 ; Cefis and Marsili, 2012 ; Cockburn and Warner, 2010). Cependant, dans les industries intensives en connaissances telles que le logiciel, l'acquisition et le transfert de connaissances ne peuvent pas souvent être réalisés car il existe d'importantes asymétries d'information et les connaissances peuvent être détenues au sein des équipes de travail ou des réseaux (Coff, 1999). D'après Coff (1999), les firmes acheteuses sont confrontées à 3 types d'incertitudes qui sont davantage accrus dans les secteurs intensifs en connaissances. 1) L'incertitude dans la qualité : il est difficile d'observer les différences de qualité de la firme cible en ce que concerne ses connaissances et ses technologies. 2) L'incertitude sur la transférabilité des connaissances : il est difficile de déterminer quelles sont les compétences organisationnelles qui seront réellement être transférées après l'acquisition. 3) L'incertitude sur les synergies potentielles entre les firmes : il est également difficile d'estimer quelles seront les synergies qui émergeront dans la combinaison des compétences des firmes.

Coff (1999) propose 3 stratégies possibles pour réduire le risque supporté par la firme acheteuse de surpayer ou d'acheter un « *lemons* »⁵⁸ (Akerlof, 1970 ; Giammarino and Heinkel 1986). 1) Proposer un prix d'achat plus faible. 2) Utiliser des actions ou des « compléments de prix »⁵⁹ de cession en forme de paiement. 3) Ralentir les négociations afin de collecter plus d'informations sur la firme rachetée. Par ailleurs, les asymétries d'information sont moins importantes quand la firme

⁵⁸ Akerlof publie *The Market for "Lemons"* en 1970, qui met en évidence une situation d'asymétrie d'information sur un marché tel que le marché de voitures d'occasion. Parmi ces voitures, certaines sont en bon état, et d'autres comportent des défauts cachés (*lemons*), plus ou moins graves, connus du vendeur mais que l'acheteur ne peut découvrir avant d'avoir acheté le véhicule. Akerlof montre que les vendeurs des voitures avec défauts cachés peuvent toujours se faire passer pour des vendeurs de bons véhicules aux yeux des acheteurs. Étant incapables de distinguer l'un de l'autre, ces derniers revoient à la baisse ce qu'ils sont prêts à payer, conduisant à l'éviction des bons vendeurs. Dans notre contexte, un « *lemon* » représente une entreprise cible dans laquelle les compétences ne sont pas transférables ou les synergies sont impossibles à réaliser.

⁵⁹ La clause ou convention « de complément de prix », appelée aussi « *d'earn out* », a une fonction de garantie lors d'une transmission d'entreprise. Elle permet de prendre en compte d'une valorisation espérée de la société rachetée. Le prix d'achat de la société sera composé d'une partie payée dès la cession de la société plus une partie payée en fonction des résultats futurs de la société (voir : Koher et Ang, 2000; Myers et Majluf, 1984, Eckbo et al. 1990).

acheteuse et la firme rachetée ont une base de connaissances similaires (Barney, 1988). En effet, les firmes acquéreuses réduisent le risque quand elles ciblent des sociétés dont elles connaissent bien les activités. Au contraire, la diversification d'activités est associée à un risque plus élevé.

Dans les industries intensives en connaissances, les brevets offrent plusieurs caractéristiques fondamentales favorisant l'acquisition des firmes qui en possèdent. 1) les brevets permettraient de réduire les asymétries d'information entre la firme acheteuse et la firme cible car ils peuvent fournir un *signal crédible*⁶⁰ sur la qualité de cette dernière. 2) Les brevets peuvent également favoriser le rachat d'une firme car ils attestent la réussite d'un projet de R&D effectué par la firme. La réussite dans le processus d'innovation est souvent considérée comme un élément qui favorise la productivité future de la firme acquéreuse et par conséquent favorise les synergies entre les firmes. 3) Le brevet permet de réduire une partie du risque concernant la transférabilité des connaissances de la firme cible. En effet, le brevet est composé d'un ensemble de revendications qui doivent exposer les caractéristiques techniques de l'invention. Les revendications doivent définir l'objet de la protection demandée, être claires et concises, et se fonder sur la description. A ce titre, on peut considérer qu'elles permettent de mieux identifier les caractéristiques techniques des nombreuses connaissances potentiellement transférables. 4) Le brevet permet de réduire l'incertitude sur les synergies potentielles et sur le transfert des connaissances car il limite la perte de connaissances induites par l'éventuel départ de personnel qualifié suite à l'acquisition de la firme. Au contraire, il favorise la réputation de la société acquéreuse et par conséquent il permet d'attirer des ressources externes essentielles pour le fonctionnement et la réussite de la firme.

La littérature a mis en évidence pour les firmes américaines du secteur du logiciel et Internet le fait que la détention de brevet ayant reçu de nombreuses citations constitue un facteur d'attractivité pour un éventuel rachat (Cockburn et Wagner, 2010). Dans le chapitre 4, nous présenterons une étude empirique analysant

⁶⁰ Le chapitre 3 décrit plus en détail les caractéristiques qui permettent au brevet d'être un signal crédible sur la valeur de la firme.

pour les cas de firmes européennes du logiciel l'impact de la détention de brevets et de la qualité de ces derniers sur la probabilité de faire l'objet d'un rachat ou de faire faillite.

Nous testerons les **hypothèses** suivantes:

H2: le brevet a un impact positif sur la probabilité de survie (réduction du risque de faillite et du risque de rachat) des firmes du logiciel en Europe.

H3: la qualité du brevet a un impact positif sur la probabilité de survie (réduction du risque de faillite et du risque de rachat) des firmes du logiciel en Europe.

2.2.2 Le rachat des technologies profite principalement aux acteurs leaders

Dans l'industrie informatique, les fusions-acquisitions permettent en partie la gestion des vagues de changement technologique. En effet, chaque vague de changement possède de nouveaux acteurs capables de déstabiliser la hiérarchie de l'industrie. Les firmes dominantes de l'industrie à travers les possibilités offertes par les marchés financiers capturent un grand nombre de petites sociétés innovantes. Sinon ils imposent leur pouvoir de domination au travers des partenariats⁶¹. La littérature a mis évidence les raisons qui incitent les acteurs dominants (établis) à se procurer un solide portefeuille de brevets. Les firmes dominantes du logiciel utilisent les portefeuilles des brevets afin d'obtenir des avantages stratégiques dans les négociations, de prévenir des litiges, ainsi que pour faire des licences croisées et bloquer leurs concurrents (Levin et al, 1987; Bessen et Hunt, 2007). Le dépôt de brevet stratégique serait devenu un référentiel commun des acteurs dominants du secteur. Ces derniers seraient aussi particulièrement attirés pour racheter des sociétés détentrices des brevets et ainsi former des portefeuilles des brevets à des fins stratégiques. Cohen et Levinthal (1990) ont montré que les grandes firmes utilisent les fusions-acquisitions comme une stratégie pour s'approprier des ressources ou des

⁶¹ Voir l'étude de cas sur l'industrie des moteurs de recherche dans l'annexe.

compétences qui d'une autre façon seraient plus difficiles à développer au sein de la firme.

En ce qui concerne l'acquisition des firmes européennes, il semble intéressant de constater que les firmes acquises par des acteurs américains semblent avoir un portefeuille de brevets de grande qualité en comparaison aux cibles acquises par les firmes locales. Cette dernière caractéristique semble confirmer l'intérêt des acteurs dominants dans l'utilisation des fusions-acquisitions pour s'emparer de technologies de « qualité ». Le Tableau 17 montre le marché des fusions-acquisitions des firmes européennes introduites en bourse entre 1997 et 2005. Nous observons que ce marché est très fragmenté et possède un biais local assez important. De plus, nous constatons que les firmes américaines sont celles qui sont le plus intéressées pour l'acquisition des sociétés européennes possédant des brevets de qualité. Le brevet favoriserait donc l'identification des acteurs émergents détenant des technologies clés. A ce titre, le brevet serait favorable aux entrepreneurs qui souhaitent vendre leurs technologies. Néanmoins, ce phénomène peut renforcer la « domination » américaine et ralentir la consolidation et la puissance de l'industrie européenne du logiciel.

Tableau 17. Fusions-acquisitions des firmes européennes du logiciel (pays acquéreur et ciblé)

Nationalité des firmes acquéreuses	GB	DE	FR	ITES*	SE	TOTAL	Citations futures (en moyenne)	N. de brevets rachetés par firme (en moyenne)	Part de brevets PTC	Part des firmes avec au moins un brevet (en moyenne)
GB	50	4	4	1	2	61	0,61	0,54		0,20
DE	0	35	5	0	0	40	3,88	0,50	0,08	0,25
FR	0	1	44	0	0	45	7,09	1,11	0,29	0,29
IT	0	3	2	15	1	21	0,05	0,29	0,00	0,10
ES	1	0	1	2	0	4	0,00	0,00	0,00	0,00
SE	0	0	0	0	23	23	1,13	0,46	0,33	0,21
CA	1	3	0	0	1	5	4,20	0,60	0,40	0,40
NL	1	1	1	0	2	5	0,00	0,00	0,00	0,00
US	10	7	4	1	1	23	41,00	2,35	0,87	0,39
Autres nationalités	3	3	4	0	2	12	0,18	0,27	0,18	0,09
Total	66	57	65	19	32	239	6,28	0,61	0,24	0,19
Acquéreur du même pays %	76%	61%	68%	79%	72%	71%				
Acquéreur Etranger%	24%	39%	32%	21%	28%	29%				
Duration (Années)	4,92	4,82	5,98	6,30	5,30	5,46				

* l'Italie et l'Espagne

Source: Auteur sur la base de Bureau van Dijk's Zephyr database et Qpad

Se diriger vers le modèle d'innovation américain en ce que concerne un accès plus favorable au brevet et un accès plus simple aux marchés financiers peut avoir des résultats contrastés en Europe. En effet, cette stratégie pourrait favoriser la croissance de certains acteurs européens (ceux qui adaptent leurs stratégies) mais aussi elle risquerait de renforcer la domination américaine. Les firmes européennes souhaitant construire un portefeuille des brevets à des fins stratégiques doivent développer une expertise dans l'identification de portefeuilles des immatérielles de qualité. Ainsi, le jeu d'interactions entre les DPI et les structures financières semblerait favoriser certains acteurs au détriment d'autres. Il semblerait favoriser la croissance et la survie des jeunes firmes du logiciel (performance des PME) et la capacité à conserver le leadership et la domination du secteur (performance des grands acteurs).

Conclusions du chapitre 2

Ce chapitre nous a permis d'étudier la spécificité de deux des institutions structurant l'industrie du logiciel: le droit de propriété intellectuelle (DPI) et les institutions financières (capital-risque et marché financier). Nous avons montré qu'il existe d'importantes différences dans la forme prise par ces institutions aux Etats-Unis et en Europe. Ainsi, ces institutions ne sont pas homogènes dans l'espace et les différences dans leur forme a un impact différencié dans les performances des industries. En ce qui concerne la forme prise par le droit de propriété intellectuelle dans l'industrie, nous avons observé l'émergence d'un régime de DPI flexible mais pro-brevet aux Etats-Unis, résultat des compromis politiques cherchant à adapter des cadres existants afin de définir le « meilleur » mécanisme ou compromis pour inciter à l'innovation et à la diffusion technologique et les connaissances. Il en découle une multiplication très importante du nombre de brevets déposés par les firmes du secteur avec des objectifs plus larges que la simple protection de l'innovation. Alors que les effets de l'utilisation du brevet apparaissent contradictoires lorsque nous analysons la littérature, cette utilisation s'est imposée dans la stratégie des firmes et la dynamique innovatrice du secteur, que ces firmes bénéficient ou subissent ce phénomène. Par

ailleurs, nous avons constaté d'importantes différences dans la brevetabilité des logiciels ainsi que dans l'utilisation du brevet par les firmes européennes. Avec ce dernier constat, nous avons démystifié la non-brevetabilité du logiciel et la supposée absence de dépôts de brevets des firmes du logiciel en Europe.

D'autre part, en ce qui concerne la forme prise par les structures financières, nous nous sommes intéressés au rôle historique du financement public pour dynamiser l'industrie et favoriser des ruptures technologiques majeures telles que l'émergence d'Internet. Nous avons observé l'importance du financement par capital-risque et la difficulté des start-up à attirer des financeurs extérieurs. Nous avons constaté l'importance du financement principalement à travers le capital-risque dans le développement de nouveaux produits et services ainsi que dans la croissance des firmes du logiciel. De plus, nous avons pu éclaircir partiellement le rôle du marché boursier dans la dynamique des firmes de l'industrie du logiciel. Ces dernières années, le marché boursier et leurs intermédiaires sont devenus plus importants dans le développement des firmes de haute technologie et notamment des firmes du logiciel aux Etats-Unis et en Europe. Plusieurs travaux ont constaté que l'introduction en bourse était une étape fondamentale dans le cycle de vie et la réussite des sociétés de haute technologie. L'introduction en bourse permettrait de mettre en vente les titres d'une société afin d'accéder aux marchés des capitaux. Elle permettrait également de réduire le coût de l'accès au financement, de lever des fonds, de rémunérer les actionnaires d'origine (entrepreneurs et capital-risque), de favoriser les opérations de croissance externe et d'améliorer la notoriété de la firme. Cependant, l'introduction en bourse est aussi liée à de nouvelles contraintes et risques qui pourraient affecter l'activité innovatrice, l'organisation et la survie de la firme.

Dans ce chapitre, nous avons aussi analysé le jeu d'interactions entre ces deux institutions afin de mieux comprendre leur adoption ainsi que le renforcement dans l'usage du brevet car il faciliterait l'accès au financement des start-up. De cette façon, sur la base de la forme prise par ces institutions et leurs complémentarités (CI) nous avons mieux cerné la supériorité ou leadership américain dans le secteur. Le

système d'innovation américain serait particulièrement favorable à la promotion et au soutien des firmes innovantes du secteur. Cependant, les interactions entre ces deux institutions favorisent le renforcement de la capacité innovatrice de certaines firmes du secteur (acteurs gagnants) aux Etats-Unis et Europe. En effet, ces interactions laissent des opportunités ouvertes à certaines firmes européennes capables d'adapter leur stratégie et de tirer profit de cette complémentarité. Notre argument principal est que la base de cette complémentarité réside d'une part dans les fortes asymétries d'informations auxquelles sont confrontées les investisseurs et d'autre part aux retombées d'informations qui découlent de l'utilisation du brevet. Les investisseurs considèrent que la protection des brevets est un outil qui pourrait fournir une différenciation durable aux firmes et par conséquent il leur fournirait un signal sur les meilleurs investissements potentiels. Les croyances sur la valeur du brevet inciteraient les investisseurs à faire leur choix d'investissements et les responsables des stratégies technologiques des start-up à différencier la firme à travers les brevets afin d'attirer des nouvelles ressources. Dès lors, nous avons observé une tendance croissante à déposer des brevets avant l'introduction en bourse en Europe et aux Etats-Unis, principalement des firmes qui auparavant avaient été financées par les capital-risqueurs. Le chapitre 3 nous permettra de tester économétriquement le rôle du brevet et du capital-risque comme signal pour les investisseurs au moment de l'introduction en bourse. Le but principal sera ainsi de vérifier si les investisseurs réagissent différemment aux Etats-Unis et en Europe à la présence de ces deux signaux. Le signal permettra de guider le comportement des investisseurs, qui investiront davantage dans les firmes du logiciel qui ont réussi à obtenir le brevet avant l'introduction en bourse (*prime à l'innovation*). On testera également dans le chapitre 4, si le brevet a un impact positif sur la probabilité survie des firmes du logiciel en Europe et si la qualité du brevet attire les firmes souhaitant avoir accès aux technologies déposés par les firmes européennes.

Conclusions de la partie 1

Nous avons analysé les caractéristiques des biens logiciels afin de définir le secteur et comprendre la manière dont on peut supporter l'industrie du logiciel et les différences de performances entre les Etats-Unis et l'Europe. Or, il est extrêmement difficile d'identifier clairement l'industrie du logiciel car les caractéristiques technologiques des biens logiciels rendent floues ses frontières. Nous avons également mis en évidence que les DPI sont au cœur des problématiques des firmes du logiciel. En effet, la protection juridique est essentielle dans la production, l'innovation, et la diffusion de logiciels. Les DPI sont également au centre des deux modèles d'innovation qui caractérisent le secteur (Propriétaire et Open source). Ils sont donc au centre de la définition du secteur. Les DPI structurent l'organisation de l'innovation logicielle en tant que processus cumulatif et collectif. Les DPI, s'adaptent aux stratégies des firmes et organisent le marché. Les firmes du logiciel intègrent les DPI et les deux modèles d'innovation dans leur stratégie technologique ainsi que dans la concurrence pour avoir accès aux ressources essentiels au fonctionnement et la performance de l'industrie. Les DPI favorisent par conséquent l'accès aux collaborations, aux employés qualifiés, aux financements, etc. Les DPI participent donc à la structure des pouvoirs entre les firmes. Ils favorisent l'émergence d'acteurs de grande taille.

Le secteur du logiciel est difficile à identifier et ses frontières ne sont pas clairement définies par rapport à d'autres secteurs. La complexité à définir l'industrie, l'hétérogénéité des biens et des services logiciels et la diversité d'intervenants empêchent une analyse comparative des industries américaines et européennes du logiciel. Cependant, nous avons constaté un leadership global des Etats-Unis vis-à-vis de l'Europe en matière de logiciels. Ce leadership n'est pas une domination absolue des Etats-Unis sur l'Europe en matière de logiciels. Dans de nombreuses activités de services, les firmes européennes possèdent des technologies de pointe qui contredisent la thèse d'une domination américaine dans les services informatiques. Il apparaît que cette domination est devenue un argument politique pour transformer de nombreuses réglementations visant à soutenir les industries

européennes de logiciels. Nous avons donc analysé les transformations des deux institutions structurant le secteur de logiciel: les droits de propriété intellectuelle (DPI) et les institutions financières (principalement le capital-risque et le marché financier). Nous avons démystifié l'idée reçue selon laquelle il est impossible de breveter le logiciel en Europe et nous avons apprécié l'utilisation stratégique du brevet par les firmes du logiciel. Or, il existe de nombreuses différences entre les Etats-Unis et l'Europe en matière de brevetabilité de logiciels. Nous avons aussi constaté la difficulté des start-up à attirer des financeurs extérieurs ainsi qu'au rôle historique du financement public, des capital-risqueurs et des marchés financiers pour dynamiser l'industrie.

Nous nous avons mobilisé la notion de complémentarité institutionnelle dans le but de comprendre l'effet conjoint de ces institutions sur les performances des firmes du secteur. Dans notre analyse de complémentarités institutionnelles, nous avons mis en avant, le rôle des « croyances partagées » des acteurs sur la valeur du brevet. Les croyances auto-réalisatrices expliqueraient le comportement des investisseurs dans leur choix d'investissement et celui des responsables des stratégies technologiques des start-up pour différencier la firme et attirer de nouvelles ressources. L'analyse des croyances mais également du comportement des firmes et des investisseurs nous a permis de comprendre comment ces deux institutions renforcent leur efficacité et leur usage. De ce fait, les besoins de financement expliquent en partie le recours accru au brevet dans un secteur dans lequel il est très contesté. Notre analyse des complémentarités institutionnelles nous a aussi permis de cerner certaines des opportunités ouvertes par les dotations institutionnelles européennes. En effet, il est possible d'envisager une complémentarité entre le système de brevet et les structures financières en Europe. Ainsi, le financement des firmes de haute technologie par capital-risque et l'introduction en bourse sont très dynamiques. Par ailleurs, le système de brevets est de grande qualité afin de permettre une solide protection de l'innovation et des puissants signaux pour les investisseurs. On pourrait aussi envisager une autre forme de complémentarité entre le copyleft (logiciel) et plusieurs modes de financement comme le financement public, les communautés OS et/ou le capital-risque.

Partie 2

Les formes des institutions et les performances des firmes du logiciel

Introduction de la seconde partie

La première partie nous a permis de cerner les caractéristiques des biens informationnels. On a aussi observé à la fois les différences de physionomie et de performances des industries américaines et européennes. On a constaté la puissance des firmes américaines à l'international et leur fort positionnement dans les marchés européens. Par ailleurs, nous avons constaté l'importance de deux des institutions structurant l'industrie du logiciel : le droit de propriété intellectuelle (DPI) et les institutions financières (venture capital et marché financier). Nous avons montré qu'il existe d'importantes différences dans la forme prise par ces institutions aux Etats-Unis et en Europe ainsi que leurs différences ont un impact dans la forme, la structure et la performance des industries de logiciels. Dans la partie précédente, on a également mobilisé la notion de complémentarité institutionnelle afin mieux comprendre l'organisation et performances des firmes de l'industrie du logiciel à nos jours. On a mobilisé concept de CI afin de mieux expliquer l'importante diversité et de la persistance des différences internationales dans plusieurs domaines. La complémentarité entre institutions permet de comprendre que la forme spécifique d'une institution dans des espaces différents est conditionnée par l'architecture institutionnelle qui caractérise chaque système social.

La définition de complémentarité institutionnelle qui a été mobilisée fait référence au concept de stabilité dynamique sans prendre en compte un quelconque concept de performance (Amable, Ernst et Palombarini, 2002). De cette façon, la présence d'une institution renforcerait la présence et la forme d'une autre institution. En contraste, on a observé que la complémentarité institutionnelle peut aussi faire

référence aux « performances » d'un système en considérant que la présence d'une institution renforcerait le fonctionnement ou l'efficacité d'une autre institution et par conséquent un certain type de performance du système. Cependant, cette notion de performance ne signifie pas l'optimalité des arrangements institutionnels donc il n'existe pas des conditions d'efficacité idéales. La complémentarité institutionnelle tel qu'on la mobilisée favoriserait les performances des certains acteurs au détriment des performances d'autres type acteurs qui de notre point de vue renvoie à un certain type de processus de sélection du système.

On a défini donc pour notre analyse qu'une complémentarité pour l'industrie du logiciel est présente lorsque l'existence ou la forme particulière prise par une institution (par exemple : le brevet logiciel) dans un domaine structurant le secteur (le droit de propriété intellectuelle) renforce la présence, le fonctionnement ou l'efficacité d'une autre institution (par exemple : le capital-risque spécialisé, l'introduction en bourse sur un marché technologique ou « Nouveau Marché ») dans un autre domaine structurant le secteur (les modes de financement ou/et les structures financières) et vice-versa. Cette complémentarité impliquerait donc des performances supérieures pour certains acteurs au détriment d'autres. Dès lors, l'organisation de la firme serait en partie orientée à tirer profit des opportunités ouvertes par les institutions et ses interactions entre elles. Avec cette définition restaient de CI au niveau du secteur, on cherche à comprendre comment le dépôt de brevet renforce la présence, le fonctionnement et l'efficacité du financement au moment de l'introduction en bourse.

De ce fait, dans le chapitre 3, nous étudierons comment le dépôt du brevet renforce le fonctionnement des marchés financiers en favorisant la réduction des asymétries d'information auxquelles les investisseurs sont confrontées au moment de l'introduction en bourse. Le but de ce chapitre en forme d'article sera de tester économétriquement le rôle du brevet et du capital-risque comme signal pour les investisseurs au moment de l'introduction en bourse. L'originalité de notre approche sera de faire une analyse comparative du rôle du brevet et du capital risque dans la

réduction des asymétries d'information subies par investisseurs au moment de l'introduction en bourse des firmes logiciels aux Etats-Unis et en Europe.

D'autre part, dans le chapitre 4, on s'intéressera également à tester économétriquement la valeur du brevet dans la survie des firmes du logiciel après l'introduction en bourse. En effet, avec l'émergence des marchés financiers à croissance en Europe au milieu des années 90s, des nombreuses sociétés d'haute technologie se sont introduit dans ces marchés afin d'accélérer leur croissance à travers la collecte des fonds qui lui permettrait d'augmenter ses capacités novatrices, sa croissance externe, attirer de nouvelles ressources, etc. Cependant, l'introduction en bourse est aussi liée à des nouvelles contraintes et risques qui pourraient affecter l'activité novatrice, l'organisation et la survie de la firme.

Chapitre 3

Le rôle du brevet dans la réduction des asymétries d'information lors de l'introduction bourse

Introduction du chapitre

L'objectif de ce chapitre en forme d'article sera de tester économétriquement le rôle du brevet et du capital-risque en tant que signaux pour les investisseurs au moment de l'introduction en bourse. L'originalité de notre approche sera de faire une analyse comparative du rôle du brevet dans la réduction des asymétries d'information subies par les investisseurs au moment de l'introduction en bourse des firmes logicielles aux Etats-Unis et en Europe. Notre approche comparative nous permettra de mieux comprendre le rôle des institutions dans l'organisation du secteur. En effet, on s'intéressera tout d'abord, à observer si des marchés de croissance (type NASDAQ, AIM, etc) qui sont par nature hétérogènes fournissent différentes incitations aux firmes du logiciel pour déposer des brevets avant leur introduction en bourse. En termes de complémentarité entre les institutions, notre argument principal est que les croyances sur la valeur du brevet guident le comportement des acteurs (firmes et investisseurs) et permettent que la présence d'une institution (le dépôt de brevet) renforce le fonctionnement et l'usage d'une autre institution (l'évaluation des firmes lors de l'introduction en bourse). Par ailleurs, nous mesurerons les différences dans la valeur du signal pour réduire les asymétries d'information (la « prime » monétaire reçue par la firme pour un brevet additionnel déposé avant l'introduction en bourse).

En termes théoriques, on considère que la base de la complémentarité entre les brevets et les marchés des introductions en bourse réside dans les « croyances partagées entre acteurs ». De cette façon, les croyances partagées émergent à cause des fortes asymétries d'information auxquelles sont confrontés les investisseurs et des retombées d'information qui découlent de l'utilisation du brevet. Les investisseurs considèrent que la protection des brevets est un outil qui pourrait fournir une différenciation durable aux firmes et par conséquent ils leur fourniraient un signal sur les meilleurs investissements potentiels. Les croyances sur la valeur du

brevet orienteraient le comportement des investisseurs dans leur choix d'investissement. Les croyances sur la valeur du brevet encourageraient également les responsables des stratégies technologiques des start-up à déposer de brevets pour différencier la firme de ces concurrents attirer des nouvelles ressources.

La rareté du financement pour les sociétés hautement risquées

Un problème majeur des PME et des firmes en croissance réside dans leur capacité à signaler leur valeur à des potentiels investisseurs. Au cours de ces dernières années, les investisseurs sont devenus de plus en plus averses au risque ainsi que plus prudents dans leurs choix d'investissements alors que les firmes souhaitant du financement sont de plus en plus jeunes, peu profitables, peu solvables et avec des modèles productifs complexes. Les investisseurs évaluent le potentiel d'une firme sur la base de l'analyse des informations fournies par les sociétés, leur histoire et leur marché potentiel. Ainsi, les firmes souhaitant attirer davantage les investisseurs doivent posséder certains signaux afin de montrer qu'elles représentent un bon investissement (Wilbon, 1999).

Stuart, Hoang et Hybels (1999: p. 317) remarquent qu'étant donné que la qualité des jeunes sociétés n'est pas observable directement, les investisseurs (évaluateurs) doivent estimer le potentiel de firmes sur la base de leurs attributs observables qui sont censés varier avec la qualité sous-jacente mais inconnue des sociétés. Ils estiment la valeur de la firme en calculant la probabilité de succès étant donné un certain nombre de caractéristiques observables de l'organisation. Néanmoins, discerner la valeur et le potentiel commercial des technologies embryonnaires peut être difficile, particulièrement pour des tiers (« *outsiders* ») (Hsu et Ziedonis, 2008). Partant de ce constat, plusieurs études se sont intéressées à mettre en lumière les mécanismes qui permettent de former les attentes ou les croyances des investisseurs sur la qualité et le potentiel des jeunes sociétés de hautes technologies. Parmi ces mécanismes la littérature s'est principalement concentrée sur l'expérience entrepreneuriale des fondateurs (Eisenhardt et Schoonhoven, 1990; Burton, Sorensen et Beckman, 2002), et les relations avec des entreprises partenaires

proéminentes (Stuart et al., 1999; Baum, Calabrese et Silverman, 2000), des capital-risqueurs et des banques d'investissement réputés (Megginson et Weiss, 1991; Higgins et Gulati, 2003; Hsu 2004).

La littérature managériale a mis en évidence que les liens des firmes avec des partenaires prestigieux (des tiers proéminents) peuvent améliorer les performances des firmes au moment de leur évaluation grâce à des transferts de statut inter-organisationnel, à la certification de ces partenaires ou à leurs soutiens (voir par exemple Baum et Oliver, 1991; Megginson et Weiss, 1991; Rao, 1994; Podolny, 1994; Stuart et al., 1999; Gulati et Higgins, 2003; Hsu et Ziedonis, 2008). Par ailleurs, une autre branche de la littérature s'est intéressée au rôle de l'expérience accumulée des entrepreneurs afin de favoriser la réussite d'une jeune start-up dans l'obtention d'un financement de capital-risque. Certaines caractéristiques des firmes telles que leur âge et leur taille peuvent fournir des signaux sur la viabilité de la firme. Cependant, peu d'études empiriques s'attachent à montrer le rôle d'autres signaux tels que les efforts d'innovation des firmes et les brevets dans l'évaluation des firmes par les investisseurs (Hsu et Ziedonis, 2008; Heeley, Mastuk et Jain, 2007).

Le brevet comme signal pour les investisseurs dans des technologies complexes

En dépit de la croissance impressionnante de la littérature économique sur les droits de propriété intellectuelle au cours de ces 30 dernières années, il y a encore peu de preuves empiriques concernant la valeur des brevets en tant que signaux pour les investisseurs au moment de l'introduction de la firme. La littérature managériale, juridique et sur l'innovation a montré d'une part que les brevets ont une valeur réelle dans le développement de la firme et d'autre part qu'ils s'imposent comme une composante de «certification» qui peut aider à réduire les asymétries d'information existantes sur les marchés de financement d'entreprise (Long, 2002; Mann, 2005; Heeley, Matusik et Jain, 2007; Hsu & Ziedonis, 2008).

Le problème de base : l'utilisation du brevet et l'appropriabilité dans l'industrie

En ce qui concerne la valeur réelle dans le développement de la firme, la littérature a mis en évidence que la fonction principale du brevet est la protection et la valorisation des innovations via les licences. Le brevet permettrait d'exclure les tiers de l'usage économique de l'invention concernée et permettrait à l'innovateur de s'approprier la rente de l'innovation en contrepartie de la diffusion de l'information technologique sur l'innovation (Scotchmer, 1991; Le bas et Mothe, 2010). Cependant, le logiciel est une technologie complexe caractérisée par un rapide changement technologique et un cycle de vie court pour les innovations. De ce fait, la valeur du brevet pour rémunérer les innovateurs et protéger les innovations est faible (cela est particulièrement vrai si la procédure d'octroi du brevet est lente) (Orsenigo et Sterzi, 2010). En outre, le rapide changement technologique des technologies logicielles peut rendre une technologie obsolète avant que le brevet soit obtenu. De plus, la valeur du brevet en tant que moyen d'appropriation de la rente de l'innovation dans l'industrie du logiciel est faible. En effet, les firmes du logiciel ont historiquement utilisé une combinaison de plusieurs mécanismes (comme le copyright, le secret, le « lead times », entre autres) afin de mieux s'approprier des rentes de l'innovation (Mansfield et al. 1981; Levin et al. 1987; Cohen et al. 2000). Dans ces conditions, le brevet n'est pas le meilleur mécanisme pour protéger les innovations et au contraire leurs coûts d'obtention et de défense peuvent être négativement liés à la performance des firmes.

En revanche, les entreprises de logiciels peuvent avoir une approche plus stratégique du brevet laquelle est aussi associée à la valeur privée des brevets. L'utilisation stratégique des brevets dans les technologies cumulatives et incrémentales⁶² comme le logiciel peut prendre différentes formes : par exemple, bloquer ses concurrents, gagner du pouvoir de négociation avec d'autres acteurs du marché, favoriser les licences croisées et empêcher la firme de se voir bloquer par un concurrent (dépôt de brevet défensif). Ces dernières années, la valeur stratégique des

⁶² Les innovations sont cumulatives et incrémentales car chaque innovation repose sur celles qui l'ont précédée.

brevets semble avoir augmenté car il existe une multiplication des brevets appelés aussi «maquis de brevets» ou «*patent tickets*»⁶³. Cette explosion du nombre des brevets est associée à une incrémentation du risque juridique qui gêne les activités de Recherche et Développement (R&D) des firmes car la fragmentation des IP oblige les firmes à demander des licences de technologies complémentaires (Hall et Ziedonis, 2001; Noel et Schankerman, 2006). Dans le contexte des technologies liées aux logiciels (et matériels associés), dans lesquels il y a des milliers de brevets, les investisseurs peuvent considérer que les firmes avec un portefeuille de brevets plus important peuvent avoir un pouvoir défensif, de négociation et d'opération plus importante et par conséquent une performance future supérieure à celle des firmes sans brevets.

La valeur de certification du brevet : le brevet comme signal

Ces dernières années le brevet serait devenu un actif stratégique signalant la qualité des technologies protégées ainsi que la qualité de la firme détentrice du brevet. En effet, le brevet possède une valeur de certification pour les firmes détentrices. La littérature analysant la valeur de certification du brevet utilise souvent la définition de signal de Spence (1973): les brevets sont « un signal » car ils sont coûteux à obtenir et ils représentent une certification légale qui permet de différencier les firmes selon la qualité de ses activités innovantes (Long, 2002; Hsu et Ziedonis, 2008). Les brevets peuvent donc être considérés comment une action symbolique des entrepreneurs afin de certifier la valeur de la firme et de ses technologies et ainsi attirer des ressources externes (Zott et Huy, 2007) et en même temps ils peuvent conférer une valeur intrinsèque en raison du droit de propriété (droit d'exclusion des tiers). De plus, deux caractéristiques additionnelles du brevet comme signal doivent être remarquées : i) l'obtention des brevets (du signal) est une décision de la firme (le signal peut être manipulé par l'entreprise). ii) comme le brevet est coûteux, l'obtention du signal est inversement proportionnel à la capacité productive de l'entreprise (Higgins & al., 2011). Dès lors, à travers les brevets les

⁶³ Un « patent ticket » est un « un réseau dense de droits de propriété intellectuelle qui se chevauchent » (Shapiro, 2001).

firmes du logiciel peuvent améliorer leur réputation afin d'attirer des ressources externes essentielles pour le fonctionnement et la réussite la firme telles que des partenaires compétents pour des activités de Recherche et Développement (R&D), des financeurs, des employés précieux (chercheurs de haut niveau ou des gestionnaires). Elles peuvent aussi obtenir plus facilement des contrats, des aides ou des subventions (Muller et Penin, 2006) qui peuvent augmenter la performance future de la firme.

Les brevets permettraient aux firmes de créer et de maintenir des avantages sur leurs concurrents. Mais qu'est-ce qui signale le brevet pour les investisseurs ? Et pourquoi il peut être associé à un pouvoir de marché accru de la firme détentrice?

Le brevet est un document légal qui donne à l'inventeur le droit d'interdire l'exploitation par un tiers de l'invention brevetée pour un période de temps limitée (20 ans en général) et une aire géographique précise (un pays). Le brevet en tant que droit exclusif d'exploitation interdit à des tiers d'utiliser, produire, importer ou vendre l'invention couverte par le brevet sans l'autorisation du titulaire. Le brevet est composé d'un ensemble de revendications qui déterminent l'étendu de la prétention conférée. Les revendications doivent définir l'objet de la protection demandée, être claires et concises, et se fonder sur la description. Elles doivent également exposer les caractéristiques techniques de l'invention qui permettront de définir précisément l'objet de la protection demandée. La littérature a mis en évidence que le déposant d'un brevet souhaite généralement demander le plus grand nombre de revendications ainsi qu'élargir au maximum la portée des revendications afin de prendre en compte toutes les caractéristiques d'une invention et ses possibles versions futures (Granstrand 1999; Le bas et Mothe, 2010). Cependant, plus il y a de revendications et plus la portée des revendications acceptées par les examinateurs des offices des brevets est large, plus il est probable que ce brevet puisse « bloquer »⁶⁴ le développement technologique d'une autre firme qui recherche sur des technologies proches.

⁶⁴ Un brevet est considéré bloquant s'il est déposé de façon volontaire et stratégique afin d'empêcher d'autres firmes de valoriser leur R&D en protégeant de façon *ad hoc* des éléments de connaissances qui ne peuvent plus être brevetables par d'autres firmes.

La stratégie en matière de dépôt de brevet peut transmettre plusieurs informations sur les différents attributs des firmes ainsi que sur sa « potentielle » performance future. A titre d'exemple: le portefeuille de brevets peut transmettre des informations sur les lignes de recherche des firmes et sur la rapidité avec laquelle les firmes poursuivent leurs recherches (Long, 2002). Un portefeuille de brevets plus important peut également indiquer la façon dont les entreprises gèrent leur stratégie de propriété intellectuelle ainsi que leur stade de développement ou leur stratégie de marché (si la firme est diversifiée ou est positionnée sur un marché de niche) (Lemley, 2001). Le nombre de brevets déposés peut être utilisé pour comparer les firmes et comme un indicateur de la productivité de leurs dépenses en Recherche et Développement (R&D). En ce qui concerne la performance future de la firme, un portefeuille de brevets plus important peut réduire la probabilité d'être impliqué dans un procès de litige sur un brevet individuel (Lanjouw et Schankerman, 2001). Les firmes du logiciel détenant des brevets peuvent également utiliser leur IP dans la négociation de licences croisées afin de se défendre contre les litiges ce qui permet d'améliorer la capacité des firmes à opérer sur le marché. Ensuite, un grand portefeuille de brevets peut réduire les coûts de transaction liés à l'opération dans un marché avec des IP fragmentés (Cockburn et MacGarvie, 2009). Il peut également améliorer la réputation de l'entreprise, ce qui peut éventuellement favoriser l'accès futur aux ressources externes telles que des partenaires pour des activités de R&D, des employés, des clients, etc.

Concernant la valeur de certification des brevets, Hsu et Ziedonis (2007) ont montré que le dépôt de brevet a un effet significatif sur l'estimation des capital-risqueurs concernant la valeur des start-up. De cette façon, le doublement du nombre de brevets des firmes est associé à une augmentation de 28% du montant collecté par la firme lors du premier tour de table de financement de capital-risqueurs. Ils ont également démontré que les brevets sont particulièrement importants dans les premiers tours de table ainsi que pour les capital-risqueurs les plus proéminents. Les brevets sont par ailleurs positivement corrélés avec la probabilité d'introduction en bourse des sociétés. Cependant, il y a peu d'évidence que les brevets fournissent un

signal sur la qualité des firmes aux investisseurs au moment de l'introduction en bourse. L'originalité de notre approche sera de faire une analyse comparative du rôle du brevet dans la réduction des asymétries d'information aux investisseurs au moment de l'introduction en bourse des firmes logiciels aux Etats-Unis et en Europe.

Les principales hypothèses de notre étude

L'objectif principal de notre analyse est de mettre en évidence la valeur du brevet comme signal pour le marché d'introduction en bourse aux Etats-Unis et en Europe. Les investisseurs des firmes de haute technologie sont confrontés à une forte asymétrie d'information concernant la qualité des firmes introduites. Les investisseurs en bourse sont particulièrement non-informés (au contraire des capital-risqueurs qui sont des experts dans le domaine d'activité de la firme) et peuvent se voir influencés par la valeur symbolique du brevet et son rôle de certification.

Un autre point original de notre approche est d'analyser les différences dans la puissance du brevet comme signal aux Etats-Unis et en Europe. En effet, il existe d'importantes différences en matière de brevetabilité des technologies associées aux firmes du logiciel. Les principales différences dans les systèmes de brevets aux Etats-Unis et en Europe concernent les objets acceptables pour l'octroi d'un brevet (en particulier en ce qui concerne la brevetabilité des programmes d'ordinateur et les modèles d'affaires). En outre, il y a d'importantes différences concernant les conditions de brevetabilité et les procédures administratives qui assurent la «qualité des brevets» (pour une analyse approfondie sur les différences en matière de brevetabilité aux Etats-Unis et en Europe voir les travaux de Hart et al., 1999; Beresford, 2001; Graham et al., 2002, Van Pottelsberghe de la Potterie, 2010). La littérature a mis en évidence que l'USTPO (Office de brevets américain) est plus favorable à l'obtention d'un brevet que l'Office de brevet Européen (EPO) (Jaffe and Lerner, 2004, Guellec and Van Pottelsberghe de la Potterie, 2007). Les différences en matière de brevetabilité peuvent avoir un impact dans le pouvoir et l'effectivité du brevet comme signal pour les investisseurs. De ce fait, on considère que la valeur du brevet comme signal peut être différente aux Etats-Unis et en Europe. Le brevet

comme signal doit refléter des informations concernant la qualité des firmes, leur stratégie IP et la difficulté pour avoir accès au signal. On argumente qu'un système de brevets plus favorable à leur obtention est associé à une valeur moins importante du brevet en tant que signal. En effet, la littérature a montré qu'une augmentation du nombre de demandes de brevets peut être en partie liée à des critères d'examen inférieurs à l'USPTO (Gallini, 2002; Bessen et Meurer 2008). De cette façon, un système des brevets plus favorable à l'obtention des brevets est associé à un mécanisme de sélection moins rigoureux et à des brevets moins coûteux qui réduisent la valeur des brevets comme signal pour les investisseurs lors de l'introduction en bourse. On peut envisager que la valeur des brevets en tant que signal pour les investisseurs peut être également modifiée par le dépôt de brevet stratégique des firmes. Les firmes peuvent choisir de déposer des brevets avant l'introduction en bourse afin d'augmenter le montant des liquidités (prévu) au moment de l'introduction sur les marchés. Dans ce contexte, un système de brevets moins favorable au dépôt des brevets peut décourager ce comportement ce qui permettra d'accroître la crédibilité des brevets comme signal et leur valeur pour les investisseurs.

Afin de mener notre analyse, nous effectuons une analyse économétrique sur la relation entre le nombre de brevets déposés avant l'introduction en bourse et le montant de liquidités recueilli lors de l'introduction en bourse, tout en contrôlant par d'autres facteurs qui peuvent influencer l'évaluation des firmes (Kim et Ritter, 1999; Ritter et Welch, 2002; Braw et Fawcett 2006).

Méthodologie

Nous utilisons le modèle suivant pour tester nos hypothèses

$$\log(\text{PROCEEDS})_i = \alpha_0 + \lambda_{US} P_{US_i} + \lambda_{EU} P_{EU_i} + \gamma_{US} VC_{US_i} + \gamma_{EU} VC_{EU_i} + \beta X_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

Dans ce modèle, $\log(\text{PROCEEDS})_i$ est le montant collecté par la firme i lors de l'introduction en bourse (t). P_{US_i} et P_{EU_i} sont le nombre de brevets déposés par la

firme i en t aux Etats-Unis et en Europe. VC_{US_i} et VC_{EU_i} sont des dummies égales à 1 pour la firme i si elle a reçu un financement de capital-risque avant l'introduction en bourse aux Etats-Unis et en Europe. X_i est un groupe de variables de contrôle. On inclut plusieurs caractéristiques observables des firmes l'année précédente à l'introduction ($t-1$) telles que l'âge de la firme, le total des revenus, le total d'actifs et des ratios de profitabilité et solvabilité de la firme. On inclut également des dummies différenciant les pays, les segments d'activité des firmes et leur année d'introduction. On attend une valeur significative des coefficients λ_{US} et λ_{EU} . Par ailleurs, on va tester la différence entre les estimateurs à travers un test de Wald :

$$\lambda_{EU} - \lambda_{US} > 0$$

La prise en compte de l'endogénéité dans l'analyse

On s'intéresse à prendre en compte certaines formes d'endogénéité dans nos estimations. Dès lors, les estimateurs OLS concernant la relation entre le nombre de brevets déposés et le montant de ressources collecté lors de l'introduction en bourse, sont sans biais si le nombre de brevets déposés est statistiquement indépendant du montant collecté en bourse. Cependant, étant donné que les facteurs qui affectent la probabilité de breveter peuvent aussi affecter l'évaluation de la firme au moment de l'introduction, on est confronté à une forme de simultanéité qui biaise nos estimateurs. On prend en compte cette forme d'endogénéité en modélisant la décision de déposer au moins un brevet avant l'introduction en bourse:

$$PAT_i^* = \omega \cdot Z_i + \eta_i \quad (2)$$

$$PAT_i = 1 \text{ si } PAT_i^* > 0$$

$$PAT_i = 0 \text{ si } PAT_i^* < 0$$

Dans ce modèle PAT_i^* est la variable latente égale à 1 si la firme dépose au moins un brevet avant l'introduction en bourse de la firme. Z_i est un groupe des

variables affectant la probabilité de déposer au moins un brevet avant l'introduction en bourse. ω est un groupe de coefficients et η_i est le terme d'erreur. Les caractéristiques de firmes qui affectent PAT_i^* et qui ne sont pas observables telles que les dépenses en Recherche et Développement (R&D) sont incluses dans les deux termes d'erreur en ε_i dans la première équation (1) et dans η_i dans la deuxième équation (2). Si les deux termes d'erreurs sont corrélés, on est en présence d'un problème d'endogénéité dans la première équation (1), c'est-à-dire que PAT_i^* est corrélé avec ε_i . On prend en compte cette forme d'endogénéité à travers un modèle de Heckman en deux étapes pour contrôler un potentiel *biais d'auto-sélection*. Dans la première étape, on estime ω dans l'équation 2, afin d'estimer le terme de correction de la sélection aussi appelé « the inverse Mills ratio » qui est estimé ainsi:

$$\hat{\lambda}_i = \frac{\hat{\phi}(\hat{\omega} \cdot \hat{Z}_i)}{\hat{\varphi}(\hat{\omega} \cdot \hat{Z}_i)} \text{ si } PAT=1$$

$$\hat{\lambda}_i = \frac{-\hat{\phi}(\hat{\omega} \cdot \hat{Z}_i)}{1 - \hat{\varphi}(\hat{\omega} \cdot \hat{Z}_i)} \text{ si } PAT=0$$

Ici, ϕ et φ sont les fonctions de distribution et de cumulation d'une distribution normale. Dans la deuxième étape, $\hat{\lambda}$ est introduit dans l'équation (1) afin de corriger les estimateurs du modèle OLS. Dans le modèle de Heckman, on a besoin d'inclure au moins une variable qui influence la probabilité de déposer au moins un brevet mais qui n'influence pas le montant collecté en bourse par les sociétés. Cette variable est donc exclue de l'estimation dans la deuxième étape (équation 1). On introduit, deux variables qui corrigent le biais de sélection au niveau macroéconomique⁶⁵. Tout d'abord, la variable *EXPORT3yav* qui est la moyenne mobile d'ordre trois de la part des exportations dans les technologies de l'information sur le total des exportations des services du pays de la firme introduite

⁶⁵ L'idéal serait de pouvoir aussi inclure des variables au niveau de la firme, mais comme la plupart des études, on n'a pas pu trouver des variables qui remplissent les conditions nécessaires.

en t^{66} . Ensuite, nous avons inclus, la variable *ITC-PACPAT* qui est la moyenne mobile d'ordre deux du nombre de famille de brevets qui ont fait l'objet d'une demande d'extension internationale à travers une procédure PTC dans des technologies de l'information et communication du pays à la date t .

Par ailleurs, une autre forme d'endogénéité apparaît étant donné la nature stratégique du dépôt de brevets. En effet, les firmes peuvent multiplier le nombre de brevets avant l'introduction en bourse pour collecter plus de liquidités lors de l'introduction. La simultanéité entre le nombre de brevets déposés et les liquidités collectés lors de l'introduction est d'autant plus important que le système de brevet est favorable au dépôt de brevets. Nous avons utilisé des techniques de variables instrumentales pour détecter et corriger la présence de cette forme d'endogénéité (GMM et LIML). Nous avons choisi des variables instrumentales de variable liées à des variations dans le nombre de brevet déposés mais qui n'influencent pas le montant collecté en bourse par les sociétés. Nous avons supposé que les brevets déposés juste avant l'introduction étaient stratégiquement déposés pour augmenter le montant collecté lors de l'introduction en bourse. Nous avons donc utilisé comme variable instrumentale le nombre de brevets déposés quatre ans avant l'introduction en bourse. Puis, nous avons aussi utilisé le nombre d'années entre la date du premier dépôt de brevet et la date d'introduction en bourse (*Firstapptoipo*). Cette variable doit refléter l'expérience de la firme en matière de dépôt de brevet. Plus la firme a de l'expérience dans le dépôt de brevet plus il est facile pour elle de multiplier les brevets déposés avant l'introduction. De plus, nous avons aussi utilisé la variable *VCSof* qui désigne la moyenne mobile d'ordre trois du nombre de firmes soutenues par des firmes de capital-risque dans le pays lors de l'introduction de la firme. Cette variable est un proxy de la disponibilité de capital-risque pour des firmes du logiciel dans un pays. Nous considérons que les firmes peuvent multiplier le nombre de brevets déposés avant l'introduction en bourse dans un environnement qui a plus de financement externe disponible. Finalement, nous introduisons la variable *California-Massachussetts* qui est une variable indicatrice pour les firmes localisées

⁶⁶ La moyenne mobile est utilisée afin de supprimer des potentielles fluctuations transitoires. On considère donc les années t , $t-1$ et $t-2$.

en Californie et Massachusetts aux Etats-Unis. Ces firmes profitent d'un environnement favorable au dépôt de brevets avant l'introduction en bourse.

Dans les modèles alternatifs, nous avons aussi utilisé le terme de correction de la sélection $\hat{\lambda}$ comme une variable instrumentale supplémentaire. La littérature financière a utilisé cette méthode afin de prendre en compte les processus de sélection endogène (Heng et Chang, 2008; Lin et Su, 2008). Dans l'annexe D du chapitre 3, nous présentons une analyse plus détaillée de nos régressions avec des variables instrumentales et leurs tests de robustesse.

Principaux résultats

Notre analyse nous permet de faire plusieurs contributions à la fois conceptuelles et empiriques, sur la valeur des brevets en tant que signal pour les marchés de l'introduction en bourse de firmes logiciels aux États-Unis et en Europe. Tout d'abord, nous construisons une base de données originale reliant les bases de données Bureau van Dijk's Zephyr et Q-qpad. Les informations provenant de ces deux bases de données sont utilisées pour mieux comprendre les différences dans le comportement dépôt de brevets des entreprises de logiciels et de ses conséquences sur le montant levé lors d'une introduction en bourse. Deuxièmement, nos résultats reflètent que les investisseurs lors de l'introduction en bourse (observateurs non informés) considèrent les brevets comme des signaux aux Etats-Unis mais aussi en Europe. Troisièmement, nos résultats appuient l'idée que la valeur des brevets est un signal pour les investisseurs qui peut être modifié par le dépôt de brevet stratégique des firmes du logiciel (le signal peut être manipulé). Le dépôt de brevet stratégique consiste à augmenter le nombre des demandes de brevet avant introduction en bourse afin d'augmenter le montant de ressources (attendu) au moment de l'introduction en bourse. Dans ce contexte, un système de brevets plus exigeant peut décourager ce comportement et augmenter la crédibilité des brevets comme des signaux et leur valeur pour les investisseurs lors de l'introduction en bourse. Quatrièmement, les résultats de notre recherche sont conformes à l'idée que le degré d'importance d'un signal change entre les Etats-Unis et l'Europe et il est lié à la rareté du signal et à la

difficulté d'avoir accès à ce signal. De cette façon, l'analyse indique que les entreprises innovantes déposant plus de brevets soulèvent beaucoup plus de liquidités lors de leur introduction en bourse. Dès lors, un brevet supplémentaire déposé avant l'introduction en bourse augmente l'évaluation de la firme d'environ 0,52% aux États-Unis et 1,19% Europe, les autres facteurs étant fixes. Dans notre analyse, cette comparaison internationale permet d'avoir une perspective nouvelle et originale afin de tenir compte que les différences dans l'architecture institutionnelle entre les États-Unis et l'Europe affectent le comportement et les performances des firmes.

Notre analyse suggère également qu'il y a un processus d'auto-sélection lié à la décision de déposer des brevets avant de s'introduire en bourse. En effet, les firmes peuvent choisir de déposer des brevets avant l'introduction en bourse afin d'augmenter le montant des liquidités (prévu) au moment de l'introduction sur les marchés financiers. En effet, les firmes financées par des capital-risqueurs présentent une plus forte probabilité de s'introduire en bourse avec au moins un brevet déposé avant leur introduction.

Par ailleurs, il semblerait qu'un système de brevets plus favorable au dépôt des brevets est propice à l'émergence de comportements stratégiques qui consistent à multiplier le nombre de brevets déposés avant l'introduction en bourse afin d'augmenter le montant de ressources attendu lors de l'introduction. De cette façon, le nombre de brevets déposés aux États-Unis est endogène au montant collecté lors de l'introduction en bourse. Au contraire, un système de brevets plus contraignant peut décourager ce comportement favorisant la crédibilité du système des brevets comme mécanisme de sélection des firmes et technologies. De ce fait, le nombre de brevets déposés par les firmes européennes semble être exogène au montant collecté lors de l'introduction en bourse.

Are patents signals for the IPO market? An EU-US comparison for the software industry ⁶⁷

Diego USECHE

GREThA UMR CNRS 5113, University of Montesquieu Bordeaux IV, Pessac, France

Abstract

The purpose of this empirical study is to test whether patents may be signals to financial markets, thus reducing problems of asymmetric information. In particular we study how patenting behaviour impacts the way investors perceive software firms' growth potential through an increase in the amount invested at the Initial Public Offering (IPO) of firms in the US and Europe. This study performs regressions on the relationship of patent applications before IPO and the amount of money collected at the IPO, while controlling other factors that may influence IPO performance. We also attempt to account for a potential source of endogeneity problems that can arise for self-selection bias and simultaneity between the number of patent applications prior to going public and the amount of money collected at IPO. We find significant and robust positive correlations between patent applications and IPO performance. The signalling power of patenting is significantly different between the USA and Europe, and is related to the difficulty in obtaining a signal and its scarcity. An additional patent application prior to an IPO increases IPO proceeds by about 0.522% in the US and 1.19% in Europe. Results suggest that a less 'applicant friendly' patenting system increases the credibility of patents as signals and their value for IPO investors.

Keywords: Software firms, Patents, Signals, Initial Public Offering (IPO), Venture Capital, Start-ups.

JEL classification: O34 intellectual property rights, O32 Management of Technological Innovation and R&D, G2 - Financial Institutions and Services

1. Introduction

The amount of money obtained from an Initial Public Offering (IPO) is particularly important for Small and Medium high-tech companies (SMHTCs) which are cash-constrained. A major issue for SMHTCs going public is how to signal their value to potential investors. Investors who are increasingly risk-averse have become

⁶⁷This chapter is a slightly adapted version of Useche(2012). "Are patents signals for the IPO market? Evidence of an empirical analysis of the US and the European software industry". Druid (2012) Best young scholar paper award DRUID Summer Conference 2012. This article was accepted to be published in Research Policy.

more cautious in selecting firms with a high potential for growth, where they are usually young, unprofitable, more likely to be insolvent, and with complex business models. Investors tend to measure investment potential by analysing considerable data gathered on firm history and perceived market potential. Thus, companies intending to go public have to convince investors that it is worth investing in them (Wilbon, 1999).

The literature has highlighted the value and nature of different measures of firm quality for IPO investors in high-tech companies. Some of these firm measures are considered to be signals which help to reduce uncertainty and scepticism regarding an IPO firm's performance. The literature stresses, for example, that the influence of executives and boards of directors helps to reduce uncertainty surrounding the IPO process (Certo et al., 2007). The literature also focuses on the role of venture capital (Lerner, 1994; Gompers, 1995), strategic alliances and inter-organizational networks (Stuart et al., 1999), a firm's technology posture and its executive technological experience (Wilbon, 1999), scientific status related to the presence of Nobel laureates (Higgins et al., 2011), the firm's internationalization (LiPuma, 2011), and other signals that may help to reduce asymmetric information and improve IPO performance. Concerning the nature of the signal, Higgins et al. (2011) found that the importance of a signal changes over time and it is inversely related to the availability of cogent information on firm quality. Their findings are consistent with the hypothesis of Pisano (2006) that investors in high-tech firms have become more cautious over the last decade and that they can delay their investments until firms demonstrate more tangible research outputs. In this way, 'disclosure of information' about a firm's innovativeness and competences through patents and other measures can help SMHTCs to attract investors, reducing problems of asymmetric information and risk.

The purpose of this empirical study is to test whether patenting prior to an IPO impacts on the way investors perceive the potential of software firms through an increase in the amount invested at the time of an IPO in US and European companies. Disclosure of information concerning the innovativeness and

competences of a firm contained in patents is particularly important. Thus, this empirical study addresses a double gap concerning the value and nature of patents as signals. First, we focus on software firms and the value of their patents for IPO investors. The role of patent protection in the software industry is strikingly controversial⁶⁸ (Merges and Nelson, 1990; Scotchmer, 1991; Jaffe and Lerner, 2004; Bessen and Meurer, 2008) and suggests that patents could be a contradictory signal for investors. Evidence on the performance and patenting of software start-ups is quite limited and particularly underdeveloped, primarily due to the paucity of data (Mann and Sager, 2007) and historically weak patent protection of the software industry (Bessen, 2003; Bessen and Hunt, 2007). Thus, this study also seeks to analyse whether non-homogeneous financial markets provide incentives for small software companies to increase patent applications before going public. Second, considering that the patenting of technologies associated with software industries is not homogeneous across countries, it is also likely that differences will be found in the value of patents and other measures of ‘quality’ as signals to evaluate software IPOs across the US and Europe. The analysis should reflect differences in the value of patents as signals for investors (receptors of signals) and also differences in the importance given to the use of patents and accessibility by the industry (emitters).

We proceed as follows. First, we build an original database linking financial data from the Bureau van Dijk Zephyr database with patent data from the Questel-Orbit QPAT database. In this way, we collect together all software IPO deals (USSIC 737) from the US, Germany, the UK, France, Sweden, Italy and Spain between 1st January 2000 and 31st December 2009 listed on the Bureau van Dijk Zephyr database. These IPOs are matched with information relating to patenting behaviour of the firms prior to IPO from the Questel-Orbit QPAT patent database in order to

⁶⁸ Opponents of patenting argue that when research is sequential and builds upon previous discoveries, as in the software industry, an enhanced ability to enforce patents may impede rather than promote innovation. Indeed, stronger patents may discourage subsequent research on valuable inventions which could be potentially infringing (Merges and Nelson, 1990; Scotchmer, 1991). Critics also argue that any positive effect of stronger patents will be annulled by the higher transaction costs and greater threat of litigation allowed by several blocking patents (Jaffe and Lerner, 2004; Bessen and Meurer, 2008). Critics also consider that patents have a negative effect on the open source software innovation model.

analyse IPO amounts collected by 476 software firms (234 from the US and 242 from the EU). The information from these two databases is used to better understand the differences in patenting behaviour of software firms and their implications on the amount raised at an IPO.

Second, we attempt to deal with potential sources of endogeneity such as self-selection bias and simultaneity. Self-selection bias can occur if software firms going public are not randomly selected from the population. A firm may choose to apply for a patent if the benefits of signalling, such as a higher amount of money collected at IPO, outweigh the cost of the patent application. Endogeneity occurs when the firm characteristics affecting the firm's decision to apply for patents before going public also determine the amount of cash collected at IPO. Furthermore, if patents are signals of a firm's quality for IPO investors, software firms may strategically increase the number of patent applications after the IPO decision in order to increase the amount of cash expected at IPO. In addition, our analysis of the signalling value of patents and their differences across US and European IPO markets is also compared to an issue of unobserved heterogeneity because it is impossible for us to control for all the information available to investors concerning a firm and its history at the moment of its IPO. We attempt to deal with these issues in two ways. First, we perform the Heckman treatment effect model to control for self-selection bias. Second, we carry out a GMM distance test to test if the total innovative stock (measured by patent applications at IPO) in the US and Europe is exogenous to IPO valuation.

Third, an international comparison offers a new and original perspective for considering differences in the institutional architecture of the patent systems and their impact on firm behaviour and performance. Our results reflect that IPO investors consider patents as signals in both the US and in Europe. Our research findings are consistent with the idea that the degree of importance of a signal changes across US and European IPO markets and this is related to the signal's scarcity and difficulty in accessing it. Analysis indicates that innovative companies applying for more patents raise significantly more money at their IPOs, if other

factors remain the same. An additional patent application prior to IPO increases the IPO proceeds by about 0.522% and 1.19% for US and European companies, respectively.

The outline of this paper is as follows. Section 2 briefly reviews the role of patents as signals for investors in high-tech companies. The importance of the ‘information disclosure’ contained in patents in attracting finance will be particularly stressed. Section 3 discusses that the patenting of technologies associated with software industries is not homogeneous across countries, introducing the hypothesis that the signalling value of patents varies across the US and European IPO markets. Section 4 discusses the methodology and data. Regression results, alternative models, and robustness checks are provided in Section 5. A discussion of the main results and the conclusions are presented in Section 6.

2. The role of patents as a signal for investors in high-tech software companies

Despite an impressive growth in the economic literature on intellectual property rights over the past 30 years, there is still little empirical evidence concerning the value of patents as signals for IPO investors. Innovation, managerial and legal scholars have shown that patents have a ‘real development’ value as well as a ‘certification’ component which may help reduce information asymmetries in markets for entrepreneurial financing (Long, 2002; Mann, 2005; Heeley et al., 2007; Hsu and Ziedonis, 2008).

The ‘real development’ value or ‘private value’ of patents in the software industry is particularly controversial. Indeed, the software industry is characterized by very fast technical change and a short effective lifespan for innovations. As a result, patents may not effectively reward innovators, especially if the granting procedure is long and drawn out (Orsenigo and Sterzi, 2010). Thus, rapid sequential innovation and fast technological progress may in some cases render a technology obsolete before a patent is granted. In addition, software firms commonly use a combination of different appropriability mechanisms such as copyright, trademark

laws, trade secrets or lead times (Mansfield et al., 1981; Levin et al., 1987; Cohen et al., 2000). Under these conditions, software firms may choose other appropriability mechanisms to patents which are notoriously costly to obtain, defend and enforce.

At the same time, software firms may have a strategic approach to patenting that increases the ‘private value’ of patents. The strategic use of patents in cumulative and complex technologies may take different forms, for example, blocking competitors, gaining bargaining leverage with other market actors, favouring cross-licensing and preventing hold-ups (defensive patenting). The strategic private value of patents may be increased in the presence of ‘thickets’ of fragmented property rights which can impede R&D activities by constraining the ability of firms to operate without extensive licensing of complementary technologies (Hall and Ziedonis, 2001; Noel and Schankerman, 2006) and outsiders may consider that a company with additional patents in their portfolio will have a higher future performance than a company without patents.

Patents can also have an additional ‘certification’ value. The literature usually follows Spence’s (1973) criteria for defining patents as quality signals: they are a readily observed attribute correlated with company performance, they are costly to obtain and they provide a selection mechanism which allows observers to distinguish among different qualities (Long, 2002; Hsu and Ziedonis, 2008). In addition, patents are voluntary and under the firm’s control (the signal may be altered by the firm). Finally, the marginal cost of obtaining the signal is inversely related to the productive capability of the firm (Long, 2002; Higgins et al., 2011). Thus, through patents software firms may improve their reputation. Enhanced reputation can help a firm to find valuable external resources, such as competent R&D partners, entrepreneurial financing, valuable employees to hire (high level researchers or managers), and may make it easier to get contracts, grants or subsidies (Muller and Pénin, 2006), potentially increasing future firm performance.⁶⁹

⁶⁹ In line with this definition of a signal, other appropriability mechanisms such as copyright, trademark laws or trade secrets may not be considered as signals because they are not easily observable by outsiders and not comparable to a certification process.

Patents may have a ‘certification component’ that helps to attract VC investors who are usually experts in a particular technology field. Mann (2005) reports qualitative empirical research on the role of patents in facilitating the finance of software firms. Mann’s work suggests that patents have a variety of potential positive effects, depending on the stage of the firm’s development. Mann (2005) also argues that the software industry includes many sub-sectors in which patents have different values. Mann and Sager (2007) found different effects of patenting through the venture capital cycle. They suggest that the ability of software firms to use patents to appropriate the value of innovation is heterogeneous, may be important for some firms and varies from firm to firm. Mann and Sager (2007) also found that the relationship between patents and firm performance depends more on the firm’s receipt of at least one patent than on the size of its patent portfolio.⁷⁰

Patents may also convey credible information to uninformed observers at a low cost. For uninformed investors the ‘certification component’ may be particularly important because the examination process at a patent office is designed to provide a certification function through the rejection of inventions that fail to meet the standards required for patentability (Hsu and Ziedonis, 2008). The Patent Trade Office serves as an intermediary that increases the credibility and clarity of the information conveyed by patents (Long, 2002). However, there is little evidence that IPO investors (uninformed observers) are able to interpret the rich information about firm strategies that the patent system may provide. They can employ experts such as attorneys, consultants, or scientists to examine patent portfolios (Long, 2002) and better estimate a firm’s attributes, IP strategy or potential future performance.

The literature has shown that patents may convey information about different firm attributes and future firm performance. For example, the patent portfolio may

⁷⁰ In a different but related vein, Cockburn and MacGarvie (2009) also provide evidence that patents significantly affect the likelihood of obtaining funding for early stage firms. They also found that firms in ‘thicketed’ markets with a large number of patents are less likely to receive VC funding or corporate funding compared with those in markets with fewer patents. They also found that the number of patents pending is positively associated to the probability of obtaining funding, whereas the number of patents already granted is not.

convey information about a firm's lines of research and how quickly the research is proceeding (Long, 2002). A larger patent portfolio may also indicate how firms manage their IP strategy, their stage in development or market strategy (diversified or niche market) (Lemley, 2001). The number of patent applications may be used in order to benchmark firms relative to each other and as an indicator of the productivity of R&D spending. Related to a firm's performance in the future, a larger patent portfolio may reduce the probability of being involved in a suit on any individual patent (Lanjouw and Schankerman, 2001). Software companies with patents may also use them in cross-licensing negotiations to defend themselves against litigation, improving the ability of firms to operate in the market. Thus, a larger patent portfolio may reduce the transaction costs associated with operating in a 'thicketed' market (Cockburn and MacGarvie, 2009).⁷¹

There is little evidence on how software IPO subscribers use patents as a credible signal of high firm value and future firm performance in the US and European stock markets. In the context in which IPO investors consider patents as valuable signals, companies desiring to go public may strategically increase the number of patent applications before an IPO in order to increase the firm's valuation. An endogenous process may appear if companies apply for patents before the IPO only to signal their value, looking to collect a higher amount of money at IPO and not for other reasons related to the 'private value' of those patents. As this issue may be relevant to assessing the certification value of patents, the next section offers a review on the main differences in patent systems in the US and Europe and their certification role in conveying information credibly to uninformed observers.

3. Cross-country differences in the value of patents as signals

Analysis of the role of patents as a signal for investors in the software industry across different financial markets is an untouched area of research and there is little

⁷¹ A larger patent portfolio can also improve a firm's reputation that may be related to future access to valuable external resources such as R&D partners, employees, clients, etc.

empirical evidence addressing the role of patents in the European software industry. A widely established opinion is that European software companies cannot use patents because computer programs ‘as such’ are excluded from patentability in Article 52(3) of the EPC (see Footnote 7). Nevertheless, recent literature clarified this ‘misconception’ (Beresford, 2001) by showing that a large number of inventions in this field have been patented through the European Patent Office (EPO) and national patent offices in Europe (Rentocchini, 2011). However, technologies associated with software industries are not patented in the same way in each country. The literature highlights the important differences in patent systems in Europe and the US (Hart et al., 1999; Beresford, 2001; Graham et al., 2002, van Pottelsberghe de la Potterie, 2010). For example, the main differences between patent systems refer to the subject matter allowed (especially computer programs and business models), the requirements for patentability⁷² and administrative procedures⁷³ that ensure the ‘quality of patents’, among others.

Although a complete analysis of the differences in the regulatory framework related to patent protection in the software industry in the US and Europe is beyond the scope of this paper, we provide a brief summary here and refer the reader to Hart et al. (1999), Freedman, (2000), Beresford (2001), Graham et al. (2002), van Pottelsberghe de la Potterie (2010) and Rentocchini (2011), among others, for more detail. This study considers that several elements related to differences in the ‘legal standards’ of the patent systems and their ‘operational designs’ (see van Pottelsberghe de la Potterie, 2010) are related to the abundance and the difficulty of accessing the signal, affecting its value to investors. Thus, lower standards required for patentability and consequently, an increased number of applications may be associated with a drop in the average quality of patents, so proving less valuable as a signal for investors.

⁷² Patentability requirements are broadly similar but not identical between the USPTO (novelty, usefulness, and non-obviousness) and the EPO (novelty, industrial application, and inventive step) (Graham et al., 2002).

⁷³ Related to examination and re-examination procedures (Graham et al., 2002), the schedule of fees across patent offices (Rassenfosse and van Pottelsberghe de la Potterie, 2010), etc.

A software company interested in obtaining a patent concerning a particular technology has to deal with differences in the patent selection process across the patent systems. Thus, considering patentable subject matter, the US Patent and Trade Office (USPTO) seems to have a less rigorous approach when compared to the European Patent Office (van Pottelsberghe de la Potterie, 2010). The USPTO has few restrictions in terms of patentable subject matter which is associated with an increase in patent filings (Gallini, 2002). On the other hand, at the EPO, according to Article 52 (2) (c) and (3) of the European Patent Convention (EPC), computer programs ‘as such’ are listed under non-patentable subject matter.⁷⁴ However, if a ‘computer-implemented invention’ makes a ‘technical contribution to the prior art’, patentability should not be denied merely on the grounds that a computer program is involved in its implementation (Freedman, 2000; Rentocchini, 2011).

A patent application at the USPTO is also characterized by a lack of research reports and the applicant’s identification of prior art. In the US, the software company must submit a ‘comprehensive and relevant’ list of prior art that could be particularly difficult to identify for new software technologies, for which there is lack of codification of previous inventions. van Pottelsberghe de la Potterie (2010) claims that the USPTO is subject to potential ‘drafting behaviors’ that consist in not listing relevant prior art, or hiding it in a long list of irrelevant references. In contrast, at the EPO the examiner is in charge of identifying the prior art to establish the relevant research report, which would not exclude the applicant from including prior references in the submitted document.

The USPTO is also considered to be more ‘patent applicant friendly’ when taking into account the so-called ‘period of grace’ which allows authors of published materials or public disclosure at conferences prior to the filing date to ‘reserve’ for

⁷⁴ At the EPO, Article 52 excludes several categories of inventions, among them scientific theories, mathematical methods, aesthetic creations, methods for performing mental acts, doing business or playing games, presentation of information and programs for computers ‘as such’. Bergstra and Klint (2007) highlight that at the EPO ‘a software patent concerns an invention about a software based computer implementation, while a computer implemented invention is about an invention that may be implemented in software’. However, as claimed by Rentocchini (2011), a clear legislative distinction remains to be drawn between ‘pure’ software patents and computer implemented inventions in Europe.

one year the invention without the inconvenience or cost of filing a patent. In Europe, the absence of a period of grace protects the interest of third parties to a greater extent (van Pottelsberghe de la Potterie, 2010). With the USPTO, a software company also has a high ‘degree of flexibility’ related to number and content of claims during the examination process and the possibility of hiding applications.⁷⁵ The USPTO is also characterized by a ‘*first to invent*’ principle,⁷⁶ a single working language and no opposition process. At the USPTO, a patentability condition known as the ‘non-obviousness’ criterion is considered as less strict than the EPO’s ‘inventive step’ criterion. Finally, the examination process of the USPTO is also relatively less rigorous, due to a high turnover of examiners, a heavy workload per examiner, a soft identification of prior art, the lack of an opposition process, and the lowest fees (see van Pottelsberghe de la Potterie (2010) for a more detailed description of EU-US patent system differences).

It seems to remain harder to obtain patents in Europe than in the US (Jaffe and Lerner, 2004, Guellec and van Pottelsberghe de la Potterie, 2007). All these differences strongly impact on the power and effectiveness of patents as signals for investors. Differences can be expected in the value of patents as a signal across US and European stock markets, with patent behaviour being interpreted differently across the US and European IPO markets, depending on a firm’s competitive context because the IPO market contextualizes firm information (Heeley et al., 2007).

To summarize, the main hypothesis of this paper is that patents are signals for software IPO investors. We are interested in looking at differences in the value of patents as signals for investors across the US and Europe. If there are differences in the value of patents as signals they should be related to the difficulty of accessing

⁷⁵ The USPTO is characterized by the presence of continuation applications (CAPs) and continuation in parts (CIPs), whereas CIPs are not allowed in Europe. The CIPs lead to a strong adaptation through the addition, modification, and withdrawal of claims to the original application.

⁷⁶ According to van Pottelsberghe de la Potterie (2010), with this rule the inventor does not need to patent to keep a claim on the market related to its invention. This rule could also be more effective in reducing duplicative research efforts. In Europe ‘*first to file*’ is a useful principle, which has the advantage of stimulating early disclosure of an invention. This principle could also provide more incentive to firms to stay in a technological race.

those signals and their scarcity. In other words, the value of patents as signals may reflect how the IPO market contextualizes firm information. Thus, patents are more valuable as a signal in a context in which companies are more risky or where there is a less ‘applicant friendly’ patent system which increases the credibility of the patents, as in Europe. In contrast, a more ‘applicant friendly’ patent system is associated with a less rigorous selection mechanism and inexpensive patents which reduce the value of patents as a signal for IPO investors. At the same time, if patents are signals of firm quality, software firms may strategically increase the number of patent applications before IPO in order to increase the amount of money (expected) at IPO. A less ‘applicant friendly’ patent system may discourage this behaviour, increasing the credibility of patents as signals and their value for IPO investors. In contrast, a more ‘applicant friendly’ patent system may encourage patent applications in order to increase the amount of money (expected) at IPO.

To address these issues, we perform econometric regressions on the relationship of various metrics of firm quality contained in patents prior to the IPO and the amount of money collected at the IPO, while controlling other factors that may influence IPO performance (Ritter and Welch, 2002; Brau and Fawcett, 2006).

4. Research design and measures

Our approach to building the dataset was to identify IPO deals between 1st January 2000 and 31st December 2009 of software firms in the United States, Germany, the United Kingdom, France, Sweden, Italy and Spain, listed in the Bureau van Dijk ZEPHYR database.⁷⁷ IPO information for each firm is matched with the number of the firm's patents filed (patents with priority date) from the Questel-Orbit

⁷⁷ The ZEPHYR database lists 267,217 deals in Western Europe and 16,447 deals in North America. In the ZEPHYR database an IPO is ‘*always just the FIRST time a company's shares are listed on a stock exchange - if a company has a listing on another market or in another country, then the listing is NOT an IPO, merely a secondary, or additional, listing. A secondary listing can be coded as either a Capital increase, if new shares are being sold or as a Minority stake, if old shares are being sold.*’

QPAT database.⁷⁸ This study uses the USSIC (Standard Industrial Classification System of the US government) code USSIC737 (Computer programming, data processing, and other computer related services) to identify software firms in the ZEPHYR database. Taking into account only companies with available information on pre-IPO characteristics and the amount of money obtained at IPO, our sample is made up of 476 software firm IPOs (234 from the US and 242 from the EU).

4.1 Value – IPO proceeds

Traditional measures of IPO performance are based on the amount of money obtained by a firm at its IPO (Chemmanur and Fulghieri, 1994; Ritter and Welch, 2002; Higgins et al., 2011), the pre-money valuation of the firm (Stuart et al., 1999; Higgins and Gulati, 2003), and the age of the venture at IPO (Chang, 2004). Our key dependent variable *PROCEEDS* is the amount of money collected by firm i at the IPO date (t). This measure of IPO performance avoids potential problems of over-allocation in the pre-money valuation (Ritter and Welch, 2002; Higgins et al., 2011). We also use *TOBIN'SQ* as an alternative dependent variable. IPO market valuation is defined as the total IPO proceeds raised related to the total assets in the year prior to IPO. A log-transformed variable of *PROCEEDS* and *TOBIN'SQ* is used to address the valuation data skew and reduce its heterogeneity.

4.2 Intellectual Property portfolio

Our key independent variable is the total stock of patent applications with a 'priority date' at the date of the IPO (*PATAPP*).⁷⁹ Alternatively, we consider the total

⁷⁸ The Questel-Orbit QPAT is a patent database which allows the users to build and organize patent portfolios and examine individual patents. The QPAT database has developed a family definition (FamPat family) which provides comprehensive family coverage of worldwide patent publications.

⁷⁹ We use the total number of patent applications by a firm from the time of its creation until the effective date of the IPO ('older patents' – applied for 20 years before IPO – were not considered. However, most of the companies are young companies with no older patents). We did not evaluate 'software patents' whose definition can be arbitrary (Mann, 2005) but all the innovative input that might emerge in a complex innovation process with other firms, providers, and clients in the various business segments in which software companies operate.

number of patent applications by the firm in the four years before the IPO ($PATPPy4$). This window in the number of patent applications aims to take into account that recent patents provide the most up-to-date information about a firm's inventive capabilities at the time of its IPO. We also use a dummy variable recording a value of 1 if a company has at least one patent application at IPO, 0 otherwise (PAT). Two main variables were selected in this study to capture part of the enormous heterogeneity in the 'value' or 'importance' of patents (Trajtenberg, 1990; Hall et al., 2005). We use $FCITATIONS$ and $FCITATIONS3$ which are the number of forward citations per patent application received at the time of the IPO and in the following three years after the IPO date.

4.3 Financial ratios

We study the financial literature to select explanatory variables that are expected to influence the proceeds that the firm hopes to raise from the IPO. Krinsky and Rotenberg (1989) and Ritter (1984) have shown a positive relationship between historical accounting information and firm value. Indeed, investors usually consider specific ratios as helpful tools for making an investment decision. We use two common ratios of profitability and solvency that are used by investors to analyse a firm's financial performances. First, we use the return on assets ratio (ROA), which is a widely used ratio defined as net income after taxes divided by total assets in the year prior to IPO. Second, we include a variable called $EQUITY\ RATIO$, which is the ratio defined as shareholders' funds in proportion to total assets in the year prior to IPO. The market value of a firm is expected to be positively associated with its profitability and equity ratio performance.

4.4 Percentage of the firm being sold

We follow the literature (Leland and Pyle, 1976; Brau and Fawcett, 2006; Higgins et al., 2011) and control for the percentage to be sold during public offering. The literature has shown that the market should consider the sale of a large portion of the company as a negative sign. Indeed, selling a large share of the company may signal that the current owners have negative inside information on the company.

Thus, like Higgins et al. (2011), we include a log of the percentage of total shares of the firm that are sold (*PERCENT SOLD*).⁸⁰

4.5 Age at IPO, venture capital, and corporate venture capital support

The Bureau van Dijk Zephyr database also contains information on an IPO firm's date of legal incorporation, the venture capital, and the corporate venture capital support. The variable *AGE AT IPO* is calculated as the difference between the effective date of IPO and the date of legal incorporation.⁸¹ It is expected that companies with more experience before going public have greater IPO performance than young companies.

Venture Capital support usually provides a sign of confidence concerning a firm's management, technology and capabilities (Megginson and Weiss, 1991; Gompers, 1995, Brau and Fawcett, 2006). For these reasons we also include the dummy variable *VC* which indicates whether the IPO was backed by one or more venture capital firms and the dummy *CORPVCAP* which is equal to one if the IPO was backed by one or more Corporate Venture Capitalists (CVC) and zero otherwise. It is expected that venture backed companies have a greater IPO performance than ventures quoted without similar funding support.

4.6 Revenues and Assets

We control for the size of the company, including a log transformed variable of total assets and sales related to the total assets in the year prior to IPO called *LOG (ASSETS)* and *LOG (SALES TO ASSETS)*, respectively. The market value of a firm should be positively related to the size of the firm in terms of total assets and sales revenue.

⁸⁰ Because this important information was not fully available in the Bureau van Dijk Zephyr database, our database was completed and verified from financial documents publicly available on the stock market websites.

⁸¹ If the date of incorporation was not available from the Zephyr database, it was obtained from public financial documents, such as the annual report form 10-K for US companies and on the company's website or through specialist magazines such as Business Week.

4.7 Firms' related intra-industrial segment

We introduce eight dummy variables related to a company's principal major segment sectors using Fourth-Digit Standard Industrial Classification (SIC) Codes. Intra-industry effects are an important source of heterogeneity across firms related to their innovation capabilities, Intellectual Property appropriability, profitability, size and markets. Indeed, as shown in Table 1 software firms operate in multiple sectors of activity. We know that the use of statistical classifications of activities is not problem-free because the definition of software industry is not clear. However, this classification can give us a general appreciation of how investors evaluate firms' related intra-industry differences.

Table 1. Firms' related industrial segment

	Number of companies	
	EU	US
737 Computer and data processing services		
7371 Computer programming services	126	144
7372 Prepackaged software	15	16
7373 Computer integrated systems design	10	8
7374 Data processing and preparation	13	17
7375 Information retrieval services	54	39
7376 Computer facilities management	3	1
7377 Computer rental and leasing	ND	9
7378 Computer maintenance and repair	ND	ND
7379 Computer related services	21	ND

4.8 Cross-country, temporal and stock market effects

Finally, we use temporal, country and stock market differences in IPO deals. It has been documented that IPOs tend to come in waves, characterized by periods of hot and cold markets. We include the variable *SOFT_RATIO*, which is the ratio defined as the number of software IPOs divided by the total number of IPOs in a given year and country. Year and geographic year dummies are included to take into account variations in cycle and any country-specific characteristics. The dummies are coded as 'Y2000' to 'Y2009' indicating in which year the IPO took place. Additionally, seven dummy variables are coded 1 or 0 to differentiate companies according to their country locations. 'UK', 'DE', 'FR', 'SE', 'ITES', and 'EU'

represent the dummies of IPOs in British, German, French, Swedish, Spanish and Italian together, and European stock exchanges respectively. We also introduce a dummy variable called ‘*new market*’ which is coded 1 if the companies were quoted in NASDAQ (US), AIM (UK), Nouveau Marché (FR), Nuovo Mercato (IT), Neuer Markt (DE) or Aktietorget (SE). These markets were designed to ‘provide high-growth companies with access to the international investment community, within an accessible and well regulated market structure’ (Euro.nm, 1999; Bottazzi and Da Rin, 2001). Finally, we also include sixteen dummy variables to differentiate company IPOs according to their stock market. Table 1b shows the software IPO stock market distribution in our sample.

Table 1b. Firms’ related IPO stock market

Stock market	Freq.	Percent	Cum.
1 AIM (UK)	79	16.60	16.60
2 Aktietorget (SE)	11	2.31	18.91
3 Borsa italiana (IT)	4	0.84	19.75
4 Euronext (FR)	47	9.87	29.62
5 Frankfurt (DE)	17	3.57	33.19
6 LSEx-OFEX (UK)	37	7.77	40.97
7 Neuer Markt (DE)	14	2.94	43.91
8 Nouveau Marché (FR)	11	2.31	46.22
9 Nuovo Mercato (IT)	6	1.26	47.48
10 Spanish exchanges (SP)	2	0.42	47.90
11 Stockholm (SE)	6	1.26	49.16
12 Nordic Growth Market (SE)	3	0.63	49.79
13 AMEX (US)	6	1.26	51.05
14 Marché Libre (FR)	6	1.26	52.31
15 NASDAQ (US)	199	41.81	94.12
16 NYSE (US)	28	5.88	100.00
Number of companies	476	100.00	

4.9 Summary Statistics

We present variable description and descriptive statistics for US and European software companies in Tables 2 and 3. The summary statistics are separated to emphasize differences in firm characteristics between the US and European IPO deals. Some characteristics related to patent behaviour should be highlighted. First, 66% of US software companies filed at least one patent prior to their IPOs, compared with only 23% of European software companies. Second, US software companies filed on average 14.10 patents prior to their IPOs while European companies filed

only 2.07 patents. Descriptive statistics also suggest that European companies are more cash constrained and riskier than US companies. European companies are on average, smaller (in total assets and sales), younger and more insolvent. In addition, they are part of a smaller and more fragmented market that reduces their growth potential compared with US companies. In this context, it is also expected that the value of a signal is stronger in a context of average lower quality of the companies.

Table 3. Summary statistics

	US software companies n = 234			European software companies n = 242		
	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max
Dependent variables						
<i>LOG (PROCEEDS)</i>	11.19	8.51	16.33853	9.33	3.14	14.75
<i>LOG (TOBIN'S Q)</i>	0.49	-3.28	5.056877	0.43	-5.02	4.73
Independent variables						
<i>PAT</i>	0.66	0.00	1.00	0.23	0.00	1.00
<i>PATAPP</i>	14.06	0.00	481.00	2.07	0.00	131.00
<i>PATPPy4</i>	9.33	0.00	418.00	1.28	0.00	83.00
<i>FCITATIONS</i>	4.31	0.00	244.00	0.76	0.00	36.00
<i>FCITATIONS3</i>	7.78	0.00	352.50	0.90	0.00	48.00
<i>SHAREPCT</i>	0.11	0.00	1.00	0.04	0.00	0.97
Controls						
<i>ROA RATIO</i>	-0.30	-9.91	0.73	-0.23	-13.16	0.70
<i>EQUITY RATIO</i>	0.22	-5.79	0.94	0.13	-6.34	0.90
<i>LOG (SALES TO ASSETS)</i>	-0.38	-7.37	2.42	-0.14	-6.12	3.09
<i>LOG (TOTAL ASSETS)</i>	0.41	0.00	1.00	0.58	0.00	1.00
<i>AGE AT IPO</i>	8.52	0.12	46.48	6.52	0.08	30.18
<i>NEW MARKET</i>	0.85	0.00	1.00	0.51	0.00	1.00
<i>VC</i>	0.24	0.00	1.00	0.20	0.00	1.00
<i>CORPVCAP</i>	0.14	0.00	1.00	0.03	0.00	1.00
<i>SOFT_RATIO</i>	0.24	0.14	0.41	0.25	0.09	0.46
<i>PERCENT_SOLD</i>	26.60	5.94	99.5	29.19107	0.01	100.00
Instruments						
<i>ITCPCTAP</i>	18064.16	15228.47	20190.6	2067.03	234.03	4169.06
<i>EXPORT3yav</i>	1.96	1.76	2.42	3.80	0.62	10.70
<i>PATAPPt-4</i>	4.73	0.00	209.00	0.80	0.00	48.00
<i>PATAPPt-3</i>	6.42	0.00	262.00	1.03	0.00	64.00
<i>VCSoft</i>	613.18	439.66	950.00	110.14	2.33	335.66
<i>Firstapptoipo</i>	3.40	0.00	32.41	0.78	0.00	18.40
<i>California-Massachussets</i>	0.45	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00

5. Econometric model

We use the following model to test our hypotheses

$$\log(\text{PROCEEDS})_i = \alpha_0 + \lambda_{US} \text{PATAPP}_{US_i} + \lambda_{EU} \text{PATAPP}_{EU_i} + \gamma_{US} \text{VC}_{US_i} + \gamma_{EU} \text{VC}_{EU_i} + \beta X_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

where $\log(\text{PROCEEDS})$ is the amount of money collected by firm i at the IPO date (t). We also interact our key independent variable ($PATAPP$) with European and US dummy variables to allow for difference in slopes. Thus, in our model, $PATAPP_{US_i}$ and $PATAPP_{EU_i}$ are the patents applied for by US and European companies before IPO. Similarly, VC_{US_i} and VC_{EU_i} are dummy variables equal to 1 for US and European firms receiving VC financing before their IPO. X_i is a set of control variables. Positive and significant estimates of λ_{US} and λ_{EU} are expected. The difference in the value of patents as signals can be tested by performing the following Wald test:

$$\lambda_{EU} - \lambda_{US} > 0$$

OLS estimates of the relationship between patent applications and the amount of money collected at IPO are unbiased only if the number of patent applications is statistically independent of the potential IPO pricing. However, a first source of endogeneity arises if software firms going public are interested in applying for patents before IPO because the benefits of patent applications (such as a larger amount of money collected at IPO) outweigh the cost of applying for the patent. Self selection occurs when companies which apply for patents before their IPO are not randomly selected for the population. A firm's decision to apply for at least one patent before going public may be modelled by:

$$\begin{aligned} PAT^*_i &= \omega \cdot Z_i + \eta_i & (2) \\ PAT_i &= 1 \text{ if } PAT^*_i > 0 \\ PAT_i &= 0 \text{ if } PAT^*_i < 0 \end{aligned}$$

where PAT^*_i is the latent variable. Z_i is a set of observable variables influencing a firm's choice to patent before IPO. ω is a set of coefficients and η_i is the error term. Firm observable variables influencing a firm's choice to patent before IPO could also determine its IPO pricing. Some of these variables which are not observable, such as the value of R&D projects, are included in the two error terms in

ε_i in Equation (1) and η_i in Equation (2). The correlation between the two error terms will result in endogeneity in Equation (1) which means that PAT_i is correlated to ε_i . We take the endogenous selection process into account by way of a two-step Heckman's procedure to control for self-selection bias (Heckman, 1978). The Heckman model as a two-step procedure is flexible and attractive because it allows different covariates to have a different impact on the two parts of the model. In our case, the flexibility of the Heckman selection model is a big advantage as the determinants of patent applications before IPO (Z_i) in software-related industries are not particularly well-defined in the literature and they are not necessarily the same determinants with IPO performance (X_i). In the first stage, we estimate the selection equation through a probit regression to obtain estimates of ω in Equation (2), denoted by $\hat{\omega}$. Based on whether a software IPO has at least one patent application at IPO (PAT_i) or not, the self selection correction term, $\hat{\lambda}$ is estimated and added in Equation (1) to mitigate the self-selection bias in the OLS estimation.

An additional source of endogeneity arises if we are confronted with a simultaneity problem. If patents are signals of firm quality for IPO investors, a simultaneity problem may arise if companies increase the number of patent applications after the IPO decision in order to increase the amount of money expected at IPO. We attempt to deal with simultaneity by way of a Generalized Method of Moments (GMM) estimation. In our choice of instruments, we choose those associated with changes in number of patent applications but which do not lead to changes in the amount of money raised at IPO (*PROCEEDS*). Finally, in addition to self-selection and simultaneity, there may still be an issue of unobserved heterogeneity as it is impossible to control for all the information available to investors concerning a firm and its history at the moment of its IPO. Hence, it is almost impossible to determine the direction of bias by including a relevant set of omitted variables (Clarke, 2005, Mayston, 2009).

5.1 The probability of having applied for at least one patent before IPO

We estimate the probability of having applied for at least one patent before IPO (*PAT*) which corresponds to the first stage in the Heckman selection model. In this selection we include several observable variables which may influence *PAT*, such as the revenue of the company, the support of venture capitalists, the age and squared-age of the company, the IPO market conditions and the temporal, country and firm's related intra-industry dummies.⁸² For a more robust identification of the self-selection bias, we also include two exogenous variables that are excluded from the outcome Equation (1). Both variables are considered to be instrumental variables, signifying that they are correlated with the probability of applying for at least one patent application before IPO but they do not affect the amount of money collected at IPO. We include the variable *EXPORT3yav*, i.e. 3-year average share of computer and information technology exports in a country's total trade in services at t ,⁸³ and *ITCPCTAP*, i.e. 2-year average number of patent applications filed under the PCT in ITC technologies in the country of firms at t . Both variables are related to the innovation context in which the companies operate. We consider that a country's international specialization in knowledge-intensive technologies may influence a firm's decision to apply for patents. Thus, such a specialization may influence a firm's decision to have stronger IP protection.⁸⁴ Hence, IT exports are expected to be positively related to the probability of applying for at least one patent application before IPO.

⁸² In robustness checks which are not presented here, we also consider in the first stage of the Heckman model that the determinants of applying for patents before IPO (Z_i) are exactly the same determinants of IPO performance (X_i) plus the excluded restriction. Regression results are similar to those performed presented above but the additional covariates are not statistically significant. We present the model with lower Schwarz's Bayesian Information Criteria (BIC). For the sake of brevity, the regressions have not been included but are available upon request.

⁸³ We use a two- and three-year average to smooth out noise. The years considered on average are t , $t-1$ and $t-2$. Year t is the year of a firm's IPO.

⁸⁴ There is no reason to think that *EXPORT3yav* is directly related to firms' *PROCEEDS*. If there is a relationship between the excluded variable and *PROCEEDS*, it is through the country's wealth and the IPO market conditions.

Table 4 reports the estimates of the first stage of the Heckman selection model. Results suggest that venture backed companies are more likely to have applied for at least one patent before going public. We also find an inverse U-shaped relationship between the age of companies and the likelihood of applying for at least one patent before IPO. European companies are less likely to apply for at least one patent before going public. In addition, *EXPORT3yav* is significant at the 5% level. Firms that operate in countries exporting higher shares of computer and information technology in a country's total trade in services have a greater probability of applying for at least one patent before going public.

Table 4. The probability of having applied for at least one patent before IPO

Variables	Coefficient	t-Statistic
<i>LOG (TOTAL ASSETS)</i>	-0.0152	-0.34
<i>VCApus</i>	1.322***	4.41
<i>VCAPEU</i>	0.413*	1.67
<i>CORPVCAP</i>	0.284	0.93
<i>AGE AT IPO</i>	0.0635**	2.33
<i>SQUARED-AGE AT IPO</i>	-0.00207**	-2.24
<i>NEW MARKET</i>	-0.0528	-0.29
<i>ITCPTAP</i>	-4.51e-05	-0.41
<i>EXPORT3yav</i>	0.379**	2.35
<i>SOFT_RATIO</i>	-3.145	-1.15
<i>LOG (PERCENT SOLD)</i>	-0.0834	-0.63
<i>EU</i>	-2.494	-1.41
<i>Country dummies</i>	Yes	
<i>Intra-industry dummies</i>	Yes	
<i>Annual Dummies</i>	Yes	
Constant	2.176 (2.142)	
Wald chi2	492.25	
Observations	476	

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

5.2 Effect of patents on the amount of money collected at IPO.

Table 5 reports the results for three estimation procedures: OLS regression (Model 1) the second stage of the Heckman selection model (Model 2) and GMM regression (Model 3). In Model 2, we perform the second stage of the Heckman selection model (Equation 1) and we test the hypothesis of independence of ε_i in Equation (1) and η_i in Equation (2). We aim to test for the existence of self-selection bias. We observe that the coefficient of Mills is significantly different from zero at

the five per cent level – that is strong evidence that firms having applied for patents before going public are not randomly selected from the population. We can also observe that innovative companies, applying for more patents, raise significantly more money at IPO in the US and Europe, with other factors remaining the same. A Wald test of $\lambda_{EU} - \lambda_{US} > 0$ confirms that patents are stronger signals in Europe than in the US. We observe that the self-selection bias is not particularly strong when comparing the second stage of the Heckman selection model (Model 2) with OLS regression (Model 1).

Table 5. Effect of patents on the amount of money collected at IPO

VARIABLES	1	2	3
	EU-US OLS	EU-US HECKMAN 2S2	EU-US GMMEUUS
<i>PATAPPUS</i>	0.00339** (0.00151)	0.00336** (0.00143)	0.00522*** (0.00137)
<i>PATAPPEU</i>	0.0134*** (0.00352)	0.0109*** (0.00394)	0.0119*** (0.00387)
<i>FCITATIONSUS</i>	0.000880 (0.00132)	0.000069 (0.00255)	-0.000041 (0.00148)
<i>FCITATIONSEU</i>	0.0106 (0.0343)	0.0234 (0.0149)	0.0124 (0.0338)
<i>LOG (TOTAL ASSETS)</i>	0.625*** (0.0399)	0.558*** (0.0491)	0.619*** (0.0387)
<i>LOG (SALES TO ASSETS)</i>	0.166*** (0.0457)	0.187*** (0.0478)	0.168*** (0.0438)
<i>VCUS</i>	0.392*** (0.127)	0.573** (0.274)	0.348*** (0.123)
<i>VCEU</i>	0.479*** (0.167)	0.581* (0.314)	0.479*** (0.160)
<i>CORPVCAP</i>	0.0368 (0.169)	0.139 (0.227)	0.0483 (0.164)
<i>AGE AT IPO</i>	-0.00225 (0.00658)	0.00127 (0.0109)	-0.00193 (0.00634)
<i>NEW MARKET</i>	0.0301 (0.116)	-0.291* (0.173)	0.0405 (0.111)
<i>SOFT_RATIO</i>	3.954** (1.543)	1.471 (2.227)	4.408*** (1.381)
<i>LOG(PERCENT SOLD)</i>	0.500*** (0.0923)	0.235* (0.131)	0.500*** (0.0883)
<i>EU</i>	-0.682*** (0.136)	-1.241*** (0.310)	-0.695*** (0.131)
<i>Financial ratios</i>	Yes	Yes	Yes
<i>Annual Dummies</i>	Yes	Yes	Yes
<i>Intra-industry dummies</i>	Yes	Yes	Yes
<i>Country dummies</i>	Yes	Yes	Yes
Constant	1.969** (0.817)	4.301*** (1.089)	1.811** (0.751)
Mills		0.925** (0.439)	
Observations	476	476	476
Adjusted R-squared	0.757		0.756

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

In Model 3, we perform a GMM distance test robust to heteroskedastic errors to test the exogeneity of the number of patent applications before IPO for US and European companies. Here, we aim to test for the existence of a simultaneity problem which may arise if companies increase the number of patent applications after the IPO decision in order to increase the amount of money expected at IPO. As excluded instruments, we use the variables *PATAPPLt-4US* and *PATAPPLt-4EU*, being the total number of patent applications by US and European firms since the creation of the firm until four years before IPO.⁸⁵ We argue that this instrument is valid for two main reasons. First, we consider that the most probable endogenous applications are those made after the IPO decision (one or two years before the IPO date). The total number of patent applications by a firm until four years before IPO may be considered as a proxy of its innovative behaviour without considering that multiple patent applications would attract IPO investors. Second, investors may consider that only recent patents will provide the most valuable information about a firm's inventive potential at the time of the IPO.⁸⁶ We also include the number of years from the first application to IPO (*Firstapptoipo*). We argue that companies with greater experience in applying for patents are more likely to make multiple patent applications before IPO. We maintain that this instrument is valid because IPO investors do not have the capacity to determine the number of years from first application to IPO. They are not able to interpret the highly complex information that the patent system may provide about a firm's technology and innovative experience. We check as instruments the three-year average number of venture capital deals in the firm's target country in which the company was quoted (*VCSoft*). This is a proxy for the availability of software venture capital finance in firms' countries. We consider that firms may increase the number of patent applications in the context of a

⁸⁵ We also change the lag of this excluded instrument. We use total number of patent applications by US and European firms since the creation of the firm until three years before IPO. We observe that there is little variation across estimators in the estimated coefficients and standard errors.

⁸⁶ Consistent with this assumption, Heeley et al. (2007) argue that IPO investors only consider recent patents because they provide the most up-to-date information about a firm's inventive capabilities at the time of the IPO. This is probably truer in an IT context in which fast technological progress may in some cases render a technology obsolete in a short time.

greater abundance of external finance. Finally, we include a dummy for the companies located in California or Massachusetts (*California-Massachusetts*). Companies located in these states may enjoy good network externalities, which improve their patenting capabilities⁸⁷. The Wu-Hausman endogeneity test rejects its null hypothesis that $PATAPP_{US}$ and $PATAPP_{EU}$ can be treated as exogenous at the 10% level. In checking for the weakness of the instruments we find that F-statistics are 37.57 for $PATAPP_{US}$ and 27.92 for $PATAPP_{EU}$ with the p-values significant at the 1% level. The Hansen J statistic test of over-identification restriction fails to reject the joint null hypothesis that the instruments are uncorrelated with the error term and that the excluded instruments are correctly excluded from the estimated equations with a p-value of 0.542. Based on the coefficients $PATAPP_{US}$ (0.00522) and $PATAPP_{EU}$ (0.0119) for US and European IPO deals respectively and also on the fact that the median value of money collected at IPO is €158 million in the US and €68.5 million in Europe, we can infer that an innovative software company may raise an additional €0.824 and €0.815 million in the US and Europe respectively, for an additional patent application prior to an IPO, other factors remaining fixed. We can infer that the estimated return for an additional patent application is a 0.522% and 1.19% increase in $PROCEEDS$ in the US and Europe, respectively. In robustness checks not presented here, we perform separate tests for endogeneity for $PATAPP_{US}$ and $PATAPP_{EU}$. The Endogeneity test rejects its null hypothesis that $PATAPP_{US}$ be treated as exogenous with a p-value 0.0501 while in contrast it accepts that $PATAPP_{EU}$ is exogenous with a p-value of 0.274.⁸⁸ In contrast, results suggest that

⁸⁷ We perform C-tests and standard checks to check for the exogeneity and weakness of the instruments used in different regressions presented below. The test cannot reject its null hypothesis that the excluded instruments may be treated as exogenous and we firmly reject the null hypothesis of weak instruments. First stage regressions are available upon request.

⁸⁸ We perform a limited information estimator (LIML) which is an alternative estimator asymptotically equivalent to 2SLS but with better finite-sample properties than 2SLS. We observe that there is little variation across the GMM and LIML estimators. As an alternative model, we also interact EU with all the observable firm characteristics and we drop interactions with t-statistics less than one which strongly indicates that there is no difference between US and European companies for IPO investors. Result reflects that coefficients are similar to those performed with Equation (1). The effects of the signal do not change and Wald tests of $\lambda_{EU} - \lambda_{US} > 0$ confirm that patents are stronger signals in Europe than in the US. For the sake of brevity, the regressions were not included here. Results are available upon request.

the quality of the patent portfolio (measured through forward citations per patent application at IPO) is not taken into account by US and European IPO investors.⁸⁹

We also observe that the simultaneity bias is not particularly strong when comparing the GMM estimation (Model 3) with the second stage of the Heckman selection model (Model 2) and the OLS regression (Model 1). In addition, results of the control variables are mostly consistent with the IPO literature for all three estimation methods. Larger companies in terms of assets and revenues have higher IPO valuations, presumably because they are less risky than smaller companies. In contrast, results suggest that the experience before going public is not taken into account by IPO investors. Results also confirm the certification role of venture capitalists for IPO markets. Venture-backed IPOs have higher IPO valuations than non-venture backed companies in the US and Europe. As expected, market conditions strongly influence the IPO proceeds. Also, the larger the portion of the company sold the greater is the amount of money collected at IPO. Finally, IPO software firms listed in European stock markets have lower IPO valuations, because they are on average smaller and riskier than US companies.

5.3 Alternative and Robustness checks models

In robustness checks presented in Table 6, we perform regressions with an alternative dependent variable, which is a log-transformed Tobin's Q IPO market valuation. In Models 4 and 5, we perform OLS regressions with different measures of patents as signals. In Model 4, we use $PATAPP_{US}$ and $PATAPP_{EU}$ as in previous regressions while in Model 5, we use the total number of patent applications by the firm during the four years prior to IPO in the US ($PATPPy4_{US}$) and Europe ($PATPPy4_{EU}$). This window in the number of patent applications aims to take into account the fact that recent patents may provide the most current information about

⁸⁹ We also test the number of forward citations per patent application received within the 3 years after IPO, which are not statistically significant. In addition, as an alternative measure of patent quality, we also exclude self-citations at the firm level from the number of forward citations received at IPO. This alternative measure is not statistically significant and coefficients are similar to those performed with $FCITATIONS$. For the sake of brevity, the regressions are not included.

firm inventive capabilities at the time of the IPO. As expected, both patent measures are positive and statistically significant in the US and Europe.

Table 6. Alternative and Robustness checks models

VARIABLES	4	5	6	7	8
	EU-US <i>OLS-PATAPP US</i>	EU-US <i>OLS-PATPPy4</i>	EU-US <i>GMMy4</i>	EU-US <i>GMMy4SM</i>	EU-US <i>GMMSM</i>
<i>PATAPP US</i>	0.00338** (0.00146)				0.00479*** (0.00125)
<i>PATAPP EU</i>	0.0126*** (0.00368)				0.00954** (0.00442)
<i>PATAPPy4US</i>		0.00361* (0.00208)	0.00917*** (0.00305)	0.00851*** (0.00281)	
<i>PATAPPy4EU</i>		0.0204*** (0.00589)	0.0187*** (0.00656)	0.0163** (0.00668)	
<i>FCITATIONS US</i>	0.00667* (0.00374)				0.00486 (0.00326)
<i>FCITATIONS EU</i>	0.0307 (0.0434)				0.0169 (0.0492)
<i>FCITATIONS3 US</i>		0.000439 (0.00100)	-0.000302 (0.00112)	-0.000240 (0.00104)	
<i>FCITATIONS3 EU</i>		0.0230 (0.0253)	0.0254 (0.0245)	0.0162 (0.0269)	
<i>LOG (TOTAL ASSETS)</i>	-0.375*** (0.0399)	-0.370*** (0.0396)	-0.383*** (0.0387)	-0.419*** (0.0429)	-0.417*** (0.0423)
<i>LOG (SALES TO ASSETS)</i>	0.169*** (0.0457)	0.172*** (0.0448)	0.170*** (0.0430)	0.163*** (0.0421)	0.162*** (0.0425)
<i>VCUS</i>	0.367*** (0.128)	0.412*** (0.128)	0.314** (0.122)	0.285** (0.124)	0.292** (0.124)
<i>VCEU</i>	0.471*** (0.167)	0.466*** (0.167)	0.473*** (0.160)	0.531*** (0.167)	0.526*** (0.167)
<i>CORPVCAP</i>	0.0100 (0.171)	0.0409 (0.167)	0.0608 (0.164)	0.0392 (0.154)	0.00626 (0.156)
<i>AGE AT IPO</i>	-0.00269 (0.00652)	-0.00288 (0.00651)	-0.00265 (0.00621)	-0.000525 (0.00660)	-0.000414 (0.00650)
<i>NEW MARKET</i>	0.0323 (0.116)	0.0173 (0.115)	0.0252 (0.109)	-0.292 (0.478)	-0.374 (0.489)
<i>SOFT_RATIO</i>	3.931** (1.524)	3.461* (1.763)	4.156*** (1.411)	2.900** (1.401)	3.170** (1.351)
<i>LOG(PERCENT SOLD)</i>	0.502*** (0.0930)	0.485*** (0.0925)	0.478*** (0.0885)	0.421*** (0.0920)	0.441*** (0.0916)
<i>EU</i>	-0.667*** (0.129)	-0.692*** (0.130)	-0.705*** (0.124)	-0.666 (0.426)	-0.535 (0.431)
<i>Financial ratios</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Annual Dummies</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Intra-industry dummies</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Country dummies</i>	Yes	Yes	Yes	No	No
<i>Stock market dummies</i>	No	No	No	Yes	Yes
Constant	1.955** (0.811)	2.204** (0.900)	2.015*** (0.779)	3.168*** (0.821)	2.943*** (0.782)
Observations	476	476	476	476	476
Adjusted R-squared	0.521	0.520	0.511	0.518	0.526

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

In Models 6 and 7, we perform a GMM distance test robust to heteroskedastic errors to test the exogeneity of the number of patent applications by

the firm in the four years prior to IPO in the US ($PATPPy4US$) and Europe ($PATPPy4EU$). The difference between Models 6 and 7 is that in Model 7, we substitute country dummies for stock market dummies.⁹⁰ As instruments, we use $PATAPPLt-4US$ and $PATAPPLt-4EU$, which are the total number of patent applications by the firm in the four years prior to IPO in the US and Europe, respectively. We also use the excluded variables $VCSoft$, $Firstapptoipo$ and $California-Massachussets$ defined before. In both models, endogeneity tests reject the fact that $PATPPy4US$ and $PATPPy4EU$ can be treated as exogenous at the 10% level (Model 6) and 5% level (Model 7). In checking for the weakness of the instruments we find that F-statistics are greater than the standard threshold of 10 and the p-values significant at the 1% level. A Hansen J statistic test of over-identification restriction fails to reject the validity of the instruments with p-values greater than 0.691. Based on the coefficients $PATAPPUS$ (0.00917) and $PATAPPEU$ (0.0187) in Model 6, we can infer that an additional recent patent application is associated with 0.91% and 1.87% increases in the amount of money collected by US and European software companies, respectively. We can infer that recent applications for European companies are twice as strong in reducing information asymmetries than recent applications for US companies. A Wald test of $\lambda_{EU} - \lambda_{US} > 0$ confirms that recent patent applications are stronger signals in Europe than in the US. In addition, the estimated coefficients of $FCITATIONS3$, which are the numbers of forward citations per patent application received within 3 years after the IPO date, are not statistically significant in both the US and Europe. In robustness checks not reported here, we also perform separate endogeneity tests for $PATPPy4US$ and $PATPPy4EU$ while using the same excluded instruments. The endogeneity test rejects the null hypothesis that $PATPPy4US$ can be treated as exogenous with a p-value of 0.0232 while in contrast it accepts the null hypothesis that $PATAPPEU$ is exogenous with a p-value of 0.638 and F-statistics are slightly higher and significant at the one per cent level.⁹¹

⁹⁰ We do not control by country dummies and stock market dummies at the same time because they are strongly collinear and we cannot calculate the optimal weighting matrix for GMM estimations.

⁹¹ Results are available on request.

In Model 8 we also test a similar configuration as in Model 3 but we again substitute country dummies for stock market dummies. The Wu-Hausman endogeneity tests reject the exogeneity of $PATAPP_{US}$ and $PATAPP_{EU}$ at the 5% level. In checking for the weakness of the instruments we find that F-statistics are 35.80 for $PATAPP_{US}$ and 37.24 for $PATAPP_{EU}$ and the p-values are significant at the 1% level. The Hansen J statistic test of over-identification restriction fails to reject the validity of the instruments with a p-value of 0.616. In robustness checks not presented here, as an alternative measure of patent portfolio ‘quality’ we use the share of international applications in the total stock of patent applications at IPO ($SHAREPCT$). Results reflect that the quality of the patent portfolio (measured through the share of PCT applications) is not taken into account by software IPO investors.⁹²

6. Discussion and conclusion

This study provides new insights into the literature on the role and nature of patents as signals for uninformed observers (IPO investors) in the US and Europe.

First, we argue at a theoretical level that differences in the patent systems are related to differences in the value of patents as signals for investors to reduce informational asymmetries. We argue that the value of patents as signals for investors can be altered by the strategic patenting of software firms that may increase the number of patent applications before IPO in order to increase the amount of cash (expected) at IPO. In this context, a less ‘applicant-friendly’ patent system may discourage this behaviour by increasing the credibility of patents as signals and their value for IPO investors. In contrast, a more ‘applicant-friendly’ patent system may encourage patent applications in order to increase the amount of money (expected) at IPO. As a consequence, a more ‘applicant-friendly’ patent system is more propitious to encouraging patent applications which are simultaneously linked to the amount of money collected at IPO. In addition, we argue that the importance of a signal, which

⁹² Results are available on request

may vary across US and European IPO markets, is related to the scarcity of the signal and difficulty in accessing it. Difficulty in getting access to the signal is also related to the fact that European companies are more cash constrained and riskier than US companies because they are smaller, younger and operate in a smaller and more fragmented market.

Second, we built an original database that brings together software IPO deals from the Bureau van Dijk Zephyr database and their patent data extracted from the Q-QPAT patent database, in the US and Europe. This study collects all the software industry IPO deals (USSIC 737) from the United States, Germany, the United Kingdom, France, Sweden, Italy and Spain from the Bureau van Dijk Zephyr database. We consolidate a large sample of 476 IPO deals in computer programming-based industries (SIC 737) completed between 1st January 2000 and 31st December 2009. We attempt to control for endogeneity problems that may arise for self-selection and simultaneity. Endogeneity occurs when the firm characteristics affecting a firm's decision to apply for patents before going public also determine the amount of money collected at IPO. Firms going public may be interested in applying for patents before IPO if the benefits of patent applications, such as higher IPO proceeds raised, outweigh the cost of the applications. Furthermore, if patents are a signal to IPO investors of a firm's quality, companies may increase the number of patent applications after the IPO decision in order to increase the amount of cash expected at IPO.

Third, consistent with our theoretical predictions, we found evidence of a self-selection bias, which means that software firms going public with patent applications are not randomly selected from the population. Evidence suggests that venture backed companies are more likely to go public with at least one patent application in the US and Europe. We also found that patent applications are used strategically to increase the IPO proceeds raised (simultaneity) in the US while they are not in Europe. In addition, our research findings are consistent with the idea that the degree of importance of a signal changes across US and European stock markets and it is related to the scarcity of the signal and the difficulty in accessing it. Evidence

suggests the importance of a signal in reducing asymmetric information is lower when it is widely used by most of the players, or when getting the signal becomes less expensive as in the US. However, the higher number of patent applications prior to an IPO by US companies allows us to suggest that patenting behaviour favours principally US software companies at their IPOs. Results also suggest that a higher impact of patents as signals for European companies compared to US ones is not the result of a lower quality of patents in the US in terms of forward citations and share of PCT applications. Results suggest that uninformed observers (IPO investors) are not able to interpret the rich information that the patent system may provide about firms' technology quality. Evidence suggests that the average quality of the patent portfolio (measured through forward citations and share of PCT applications) is not taken into account by IPO investors.

Finally, an international comparison offers a new and original perspective when considering differences in the institutional architecture of patent systems and impact on firm behaviour and performance. Our research findings also suggest that non-homogeneous financial markets provide different incentives for small software companies to make multiple patent applications before going public. The results also suggest that the increased importance of financial markets in recent years has contributed to an increase in the number of patent applications before IPO in a sector in which patent applications are highly controversial. It is possible to argue that this direct monetary incentive through financial markets has helped to increase the number of patents filed by software firms that previously were not necessarily interested in patent protection. However, new questions have emerged for future research – for example, is this direct financial incentive at IPO encouraging speculation through applications of 'dubious quality' patents increasing legal uncertainty in the software industry? Or, what are the welfare implications of differences in the value of patents as signals across the US and Europe? Future research could also explore differences in the value of patents as signals across industry segments, firm size and European countries.

Acknowledgments

This paper has benefited from helpful discussions with colleagues at the Universities of Bordeaux and Cambridge. Previous drafts of this paper were also discussed by colleagues at the Phillips University of Marburg, the FINNOV Project Working Group, the Druid Conference 2012 and OECD-EPO Patents Statistics for Decision Makers. I would like to thank François Combarrous for his econometric support and my special thanks go to Philippe Gorry and Matthieu Becue for their helpful comments concerning the patent database. I am also grateful to Elif Bascavusoglu-Moreau, Carolina Castaldi, Alessandra Colombelli, Adam Jaffe, Marc Léandri, Francesco Lissoni, Anita McGahan, Matthieu Montalban and Melissa Schilling for their comments on earlier drafts. Financial support from ICATSEM (7th Framework programme), FINNOV (7th Framework programme) and GREThA-CNRS Bordeaux is gratefully acknowledged. All errors are mine.

Table 2. Variable description

Variable code	Definition	Source
Dependent variables		
<i>LOG (PROCEEDS)</i>	Logarithm of amount collected at IPO.	BvD Zephyr
<i>LOG (TOBIN'S Q)</i>	Logarithm of TOBIN'S Q : PROCEEDS/ total assets in year prior to IPO.	BvD Zephyr
Independent variables		
<i>PAT</i>	Dummy variable recorded a value of 1 if company has at least one patent application at IPO, 0 otherwise.	Q-Qpad
<i>PATAPP</i>	Number of patents applied for by the firm at date of IPO (total patent application stock)	Q-Qpad
<i>PATAPPy4</i>	Number of patents applied for by the firm in last four years prior to IPO	Q-Qpad
<i>FCITATIONS</i>	Number of forward citations per patent application at date of IPO	Q-Qpad
<i>FCITATIONS3</i>	Number of forward citations per patent application 3 years after date of IPO	Q-Qpad
<i>SHAREPCT</i>	Share of international applications in total stock of patent applications at IPO	Q-Qpad
Controls		
<i>ROA RATIO</i>	After-tax net income divided by total assets of year prior to IPO	BvD Zephyr
<i>EQUITY RATIO</i>	Shareholders' funds in proportion to total assets in year prior to IPO	BvD Zephyr
<i>LOG (SALES TO ASSETS)</i>	Logarithm of sales related to total assets in year prior to IPO	BvD Zephyr
<i>LOG (TOTAL ASSETS)</i>	Logarithm of total assets of firm in year prior to IPO	BvD Zephyr
<i>AGE AT IPO</i>	Logarithm of age of company at IPO (difference between effective date of IPO and date of legal incorporation)	BvD Zephyr- others
<i>NEW MARKET</i>	Dummy variable recorded a value of 1 if company was quoted on NASDAQ (US), AIM (UK), Nouveau Marché (FR), Nuovo Mercato(IT), Neuer Markt (DE) or Aktietofget (SE), 0 otherwise	BvD Zephyr- others
<i>VC</i>	Dummy variable recorded a value of 1 if company is a venture capital-backed IPO, 0 otherwise	BvD Zephyr
<i>CORPVCAP</i>	Dummy variable recorded a value of 1 if company is a corporate venture-backed IPO, 0 otherwise	BvD Zephyr
<i>SOFT_RATIO</i>	Ratio of software IPOs divided by total number of IPOs in a given year and country	BvD Zephyr
<i>PERCENT_SOLD</i>	Logarithm of percentage of firm to be sold during a public equity offering	BvD Zephyr- others
<i>Intra-industry dummies</i>	Eight dummy variables related to company's principal software segment sectors using Fourth-Digit SIC Codes	BvD Zephyr
<i>Annual Dummies</i>	Dummies are coded as "Y2000" to "Y2009" indicating the IPO date.	BvD Zephyr
<i>Country or market dummies</i>	Seven dummy variables are coded 1 or 0 to differentiate companies according to their country locations	BvD Zephyr
<i>Stock market dummies</i>	Sixteen dummy variables are coded 1 or 0 to differentiate IPOs according to their IPO stock-market.	BvD Zephyr- others
Instruments		
<i>ITCPCTAP</i>	2-year average number of patent applications filed under PCT in ITC technologies in the country of firms at t	OCDE. Stat
<i>EXPORT3yav</i>	3-year average share of computer and information technology exports in a country's total trade in services at t	UNCTADstat
<i>PATAPPt-4</i>	Number of patent applications by firms four years prior to IPO date	Q-Qpad
<i>PATAPPt-3</i>	Number of patent applications by firms three years prior to IPO date	Q-Qpad
<i>Firstapptoipo</i>	Number of years from first application to IPO	Q-Qpad

Chapitre 4

Le rôle du brevet dans la survie des firmes du logiciel.

Introduction du chapitre

Ces dernières années la littérature sur l'innovation a mis en évidence l'importance de l'innovation dans la structure de la concurrence, la dynamique des firmes et des secteurs et par conséquent dans l'émergence d'acteurs gagnants et perdants. La littérature managériale et sur l'innovation considère les connaissances et les capacités des firmes comme un actif stratégique favorisant les performances des firmes. La littérature évolutionniste a identifié l'innovation comme l'ingrédient majeur de la dynamique économique. Partant de ce constat, dans l'approche évolutionniste la réussite du processus d'innovation dépend en partie des connaissances et capacités que la firme a accumulés. Pour ce raison, les firmes qui investissent activement en Recherche et Développement (R&D) peuvent augmenter leurs chances de réussite dans le processus de concurrence (Nelson et Winter, 1982). Par ailleurs, l'intensité dans la R&D augmenterait leur efficacité et profitabilité ainsi que leur probabilité de survie.

Dans la première partie, nous avons constaté le leadership des firmes américaines dans la plupart des segments de l'industrie du logiciel. Comme réponse à la difficulté des firmes européennes à consolider leur positionnement dans les marchés nationaux et internationaux ainsi que leur difficulté à concurrencer les géants américains. Nous avons aussi observé, la mise en place de nombreuses politiques afin de combler le retard des firmes européennes. Suite au lobbying des nombreuses associations représentant les industriels et capital-risqueurs européens

Dans ce chapitre, nous analyserons l'impact du dépôt de brevets dans la performance des firmes du logiciel en termes de survie. On a choisi d'analyser la survie des firmes du logiciel pour plusieurs raisons. Tout d'abord, la survie est un objectif principal des firmes. En effet, la survie est une mesure de performance de la firme qui n'est pas ambiguë. La survie est une condition nécessaire pour la croissance et le développement d'une firme. De ce fait, les facteurs associés à la survie des firmes sont eux-mêmes associés à l'émergence des acteurs leaders.

Dans la partie précédente, nous avons observé l'importance dans le cycle de vie des firmes de l'introduction en bourse, en particulier dans des marchés financiers dits de « croissance ». L'introduction dans ce type de marché boursier favoriserait la croissance des firmes technologiques à travers la collecte des fonds pour augmenter les capacités novatrices des firmes, leur croissance externe, attirer de nouvelles ressources, etc. Cependant, l'introduction en bourse est aussi liée à de nouvelles contraintes et risques qui pourraient affecter l'activité novatrice, l'organisation et la survie de la firme (définie comme une sortie de la cote). En effet, la cotation implique plusieurs contraintes et risques telles que la publication de comptes, le respect des règles de la plateforme de trading, la vulnérabilité aux soubresauts du marché, l'impact de la réputation sur le cours de l'action, les pressions des actionnaires sur la stratégie de la firme. Par ailleurs, nous avons aussi étudié les débats autour de la brevetabilité du logiciel dans l'industrie aux Etats-Unis et en Europe. Dans ce chapitre, nous mettrons en évidence les principaux facteurs associés à la survie des firmes européennes du logiciel dans ces marchés dits de croissance. Dans le cadre de notre analyse, il convient en particulier de tester dans quelle mesure les brevets déposés avant l'introduction en bourse ont favorisé la survie des firmes européennes du logiciel après leur cotation.

A cet égard, nous sommes intéressés à tester si le brevet a un impact négatif sur la probabilité de survie des firmes du logiciel en Europe. En effet, le dépôt de brevets des firmes du logiciel en Europe, du fait de leur coût élevé ainsi que de leur faible valeur dans la protection de l'innovation dans l'industrie, serait associé à un taux de survie plus faible après la cotation de firmes. Au contraire, le brevet conférerait un avantage concurrentiel aux propriétaires qui se traduirait par une probabilité de survie plus importante. Un point intermédiaire peut être proposé en considérant la présence des risques compétitifs (risque de faillite et risque de rachat). Dès lors, les firmes qui ont de brevet de qualité sont confrontées à un risque plus faible de faillite mais à un risque plus grand de rachat. En effet, la qualité du brevet attire les firmes souhaitant avoir accès aux technologies déposées par les firmes européennes.

Sur la base de ces hypothèses, nous défendons la thèse que le jeu d'interactions entre les DPI et les structures financières devrait favoriser le secteur du logiciel à travers deux types de performances. La première est la croissance et la survie des firmes du logiciel (performance des PME), et la deuxième est la capacité à conserver le leadership et la domination du secteur (performance des grands acteurs). En effet, la valeur du brevet peut être associée à un avantage concurrentiel pour les propriétaires des brevets qui se traduit dans une probabilité plus importante d'opérer efficacement dans le marché financier. Pour ce raison, le jeu d'interactions entre DPI et structures financières serait favorable à la survie des firmes qui est une condition nécessaire à leur croissance. Le jeu d'interactions entre les DPI et les structures financières permettrait également à certains acteurs de conserver le leadership et la domination du secteur (performance des grands acteurs). Les firmes intéressées dans la construction d'un portefeuille de brevets voient leur capacité d'acquisition des technologies accrue avec l'introduction en bourse des sociétés en croissance avec des nouvelles technologies protégés par des brevets.

L'originalité de notre approche passe par plusieurs points :

- 1) Test du rôle du brevet dans les performances des firmes du logiciel européennes.
- 2) Construction d'une base de données originale rassemblant des données de Bureau van Dijk's Zephyr database et de Questel-Orbit QPAT.
- 3) Analyse de la probabilité de survie de 578 firmes de 6 pays en Europe (Allemagne, Royaume-Uni, France, Italie, Espagne et Suède).
- 4) Modélisation des risques compétitifs à travers un modèle à hasard proportionnel de Cox

Notre base de données a été construite en 6 étapes.

1) On a identifié les firmes du logiciel à travers la nomenclature SIC 737 dans l'activité principale ou secondaire ce qui nous permet d'avoir une définition assez large du secteur. Le Tableau ci-dessous qui les présente segments des firmes analyses.

737	Computer & Data Processing Services	N. of firms
7371	Computer Programming Services	316
7372	Prepackaged Software	24
7373	Computer Integrated Systems Design	38
7374	Data Processing & Preparation	18
7375	Information Retrieval Services	123
7379	Computer Related Services	59
	Total	578

La plupart des firmes de notre échantillon sont des SSII alors qu'il a peu d'éditeurs de logiciels qui s'introduisent en bourse. Ainsi, on a identifié 845 sociétés qui se sont introduites en Allemagne, Royaume-Uni, France, Italie, Espagne et Suède entre 1997 et 2005. Cependant, on a considéré seulement 578 sociétés qui avaient des informations financières disponibles.

2) On a croisé les informations de Dijk's Zephyr database et Questel-Orbit QPAT patent database pour obtenir le nombre de brevets déposés par les firmes avant leur introduction en bourse.

3) On a collecté l'ensemble des fusions ou acquisitions des firmes du secteur entre 1997 et 2011 et on a croisé cette information avec les firmes introduites en bourse afin de déterminer si elles ont été rachetées après leur introduction en bourse.

4) Dijk's Zephyr database nous permet également de connaître le statut des firmes après leur introduction (si la firme est encore cotée ou pas). Cette information nous permet d'identifier un certain nombre de firmes qui sont sorties de la côte pour une raison différente d'une fusion ou acquisition.

5) On a cherché sur Internet l'ensemble des firmes qui ont été radiées afin d'avoir des informations plus détaillées sur leur sortie. On a utilisé l'information publique disponible sur un certain nombre de sites spécialisés tels que Listofcompanies.co⁹³, FE Investegate⁹⁴ pour les firmes anglaises, Bloomberg Business week, Nasdaqomx⁹⁵, entre autres.

6) La recherche sur Internet nous a permis de vérifier sur l'ensemble des firmes lesquelles opéraient sur les marchés financiers.

Ensuite, on présente les principales caractéristiques du modèle qui a été utilisé afin de déterminer l'impact des caractéristiques des firmes au moment de leur introduction sur la probabilité de survie sur les marchés financiers.

L'analyse de la survie des firmes du logiciel à travers un modèle de Cox

Le modèle à risque proportionnel de Cox

Pour l'analyse de l'impact du dépôt de brevet sur la survie de firmes du logiciel, on a utilisé un modèle de durée (ou survie) de Cox(1972). Le modèle de survie de Cox étudie le temps écoulé avant qu'un événement ne survienne. Dans le cas de notre étude, on analyse les firmes introduites entre 1997 et 2005 dans 6 pays Européens. On a suivi 578 firmes depuis le jour de l'introduction en bourse (IPO) jusqu'au 31 décembre 2011. Dans cette période d'analyse, une partie importante des firmes (321) n'a pas fait l'objet d'un événement. On appelle ces firmes données censurées. Le modèle de Cox permet d'analyser ces données même si elles ne sont pas complètes. Le modèle de Cox repose sur deux hypothèses fondamentales. La première hypothèse est que le ratio des risques pour deux individus est indépendant

⁹³ <http://listofcompanies.co.in/about-us/>

⁹⁴ <http://www.investegate.co.uk/About.aspx>

⁹⁵

http://nordic.nasdaqomxtrader.com/newsstatistics/corporateactions/Stockholm/Changes_to_the_List/

du temps. La deuxième est qu'il existe une forme exponentielle du rapport des risques.

Dans le modèle de Cox le risque instantané pour une firme i s'écrit :

$$h_i(t) = H_{0i}(t) \exp(\beta_1 \chi_1 + \beta_2 \chi_2 + \dots + \beta_K \chi_K)$$

où $H_{0i}(t)$ est une fonction quelconque en fonction du temps (risque de base) et des covariables $X_1 \dots X_K$ alors que $\beta_1 \dots \beta_k$ sont des constantes. $H_{0i}(t)$, le risque de base inconnu, est indépendant des X_i . De même, $\beta = (\beta_1 \dots \beta_k)^T$ est le paramètre de régression inconnu. L'hypothèse des risques proportionnels implique que le risque instantané de sortie du marché financier (événement) de deux firmes est indépendant du temps.

$$\frac{h_i(t)}{h_j(t)} = \frac{H_0(t) e^{\beta^T x_i}}{H_0(t) e^{\beta^T x_j}} = \frac{e^{\beta^T x_i}}{e^{\beta^T x_j}}$$

Le modèle de Cox est sémi-paramétrique car on ne cherche pas à estimer la fonction $H_{0i}(t)$ laquelle est la même pour tous les individus à un instant donné. Ce qui importe alors, c'est le rapport des risques instantanés d'un événement pour deux firmes exposées à des facteurs de risques différents. Ainsi, en présence de deux groupes de firmes, par exemple des petites (A) et grandes firmes (B).

$$X = \begin{cases} 0 & \text{si groupe A} \\ 1 & \text{si groupe B} \end{cases} \text{ et } h(t | x_i) = H_0(t) e^{\beta^T x}$$

Le rapport des risques (HR, Hazard Ratio) est donc indépendant dans le temps ce qui signifie que quelque soit le temps t , une firme B a un risque instantané d'un événement $\exp(\beta)$ fois celui de la firme A.

$$HR = \frac{h(t | x = 1)}{h(t | x = 0)} = \frac{H_0(t) e^{\beta}}{H_0(t)} = e^{\beta}$$

Le paramètre β est estimé par la méthode de maximum de vraisemblance. On maximise donc la probabilité d'observer notre échantillon.

$$\hat{\beta} = \arg \max L_n^{(p)}(\beta) \text{ avec } L_n^{(p)}(\beta) = \prod_{i=1}^k \frac{\exp(\beta X_i)}{\sum_{j \in R(t_i)} \exp(\beta X_j)}$$

où $R(t_i)$ est l'ensemble des firmes à risque juste avant t_i et $t_1 \dots t_k$ sont k instants de sortie (événement). En d'autres termes, l'expression $\frac{\exp(\beta X_i)}{\sum_{j \in R(t_i)} \exp(\beta X_j)}$ est la probabilité qu'une firme connaisse l'événement au temps t_i sachant qu'il s'est produit un événement parmi toutes les firmes à risque pour cette durée (probabilité conditionnelle).

L'interprétation du risque relatif dans le modèle de Cox.

Dans le modèle de Cox, on mesure l'impact d'une variable sur le risque en termes relatifs. Par conséquent, pour une variation unitaire, une variation relative du risque est égale à :

$$\frac{dh(t)}{h(t)} = e^{\beta_j} - 1$$

Pour le nombre de brevets, par exemple, un ratio de risque associé de 0.938 signifie qu'une augmentation d'un brevet déposé avant l'introduction en bourse provoque une baisse de 6,2% du risque (toutes les autres variables restant égales par ailleurs).

Pour une variable discrète par exemple, si la firme opère dans le segment des affaires d'Internet (groupe B), un ratio de risque associé de 1.477 signifie que ce groupe de firmes a 47.7% plus du risque d'un événement (toutes autres variables inchangées).

Ainsi pour généraliser, un ratio de risque associé supérieur à 1 signifie un risque plus élevé pour le groupe des firmes B alors qu'un ratio de risque associé inférieur à 1 signifie un risque plus faible pour le groupe des firmes B.

$HR = 1 \Leftrightarrow \beta = 0 \Leftrightarrow$ même risque pour les 2 groupes

$HR = 1 \Leftrightarrow \beta > 0 \Leftrightarrow$ risque plus élevé pour le groupe B

$HR = 1 \Leftrightarrow \beta < 0 \Leftrightarrow$ risque plus faible pour le groupe B

Le modèle de Cox stratifié

Comme on l'avait signalé précédemment, le modèle de Cox assume que le ratio de risque est constant dans le temps. Cela signifie que deux groupes de firmes, par exemple des petites (A) et grandes firmes (B) ont un ratio de risque qui est le même à chaque période de temps. Il s'agit d'une hypothèse forte du modèle de Cox, il faut donc au préalable vérifier que celle-ci est satisfaite.

Dans notre analyse, on utilise trois méthodes pour vérifier si l'hypothèse des risques proportionnels est satisfaite. Tout d'abord, on utilise le test des résidus de Schoenfeld: pour chaque date d'un événement t_i , on calcule la différence entre les caractéristiques de l'individu décédé et une moyenne pondérée des caractéristiques des individus à risque d'un événement au temps t_i . On teste également l'hypothèse des risques proportionnels à travers l'utilisation des interactions entre le temps et les variables qui potentiellement ne respectent pas cette hypothèse. Finalement, on teste aussi cette hypothèse à travers des méthodes graphiques telles que le graphique « log-log ». Dans ce graphique, les lignes des deux groupes d'individus doivent être « raisonnablement parallèles » pour que l'hypothèse soit respectée. A travers ces différentes méthodes, on a considéré que le risque n'est pas proportionnel dans le temps pour plusieurs regroupements des firmes: entre pays, entre grandes et petites sociétés et finalement pour les firmes déposant au moins un brevet et les firmes qui n'ont pas déposées des brevets.

Il est souhaitable d'utiliser un modèle de Cox stratifié pour ces groupes de variables. Dans ce cas le ratio de risque de chaque variable est contraint à être identique dans chacune des strates mais une fonction de vraisemblance partielle est construite séparément sur chacune d'elles, la fonction que l'on maximise pour trouver les estimateurs des paramètres étant le produit de ces vraisemblances partielles. En conséquence, le risque de base diffère entre les strates. La stratification permet d'échapper à l'hypothèse de proportionnalité (HP). Cependant, une limite de la stratification c'est qu'on ne peut pas estimer l'influence de la variable stratifiée sur le risque d'un événement.

La prise en compte des risques compétitifs.

Dans le cadre de notre analyse, on s'est intéressé à analyser le temps écoulé avant qu'un événement ne survienne. Plus précisément, le temps écoulé avant qu'une firme logicielle sorte du marché financier (retiré de la liste des valeurs cotées). Cependant, la littérature a mis en évidence qu'il existe plusieurs raisons pour qu'une firme soit « radiée de la cote ». La littérature financière et managériale s'est concentrée le plus souvent sur deux mécanismes de sortie très différents. Le premier est la faillite de la firme, le deuxième est la fusion ou l'acquisition de la société. Sur les 578 firmes européennes de notre analyse 239 firmes ont été rachetées entre la date d'introduction et le 31 décembre 2011. Egalement, pour cette même période de temps on a observé 82 firmes qui ont été radiées de la cote à cause d'une faillite. On a classé comme des firmes en faillite les sociétés qui sont sorties de la cote parce qu'elles sont rentrées dans une procédure de liquidation judiciaire (en droit français)⁹⁶. On a aussi codée en faillite les sociétés qui sont sorties de la cote parce qu'elles sont rentrées dans une procédure de liquidation volontaire⁹⁷. On a aussi classé dans le groupe de faillite, les sociétés qui sont sorties de la cote parce que les conditions (exigences) des marchés financiers n'étaient pas en ligne avec les

⁹⁶ Cette opération consiste pour un tribunal à vendre les actifs d'une société en faillite. Cette procédure s'adresse principalement aux sociétés en cessation de paiement et dont le redressement est devenue impossible.

⁹⁷ Quand une société n'est pas solvable (ou n'est pas viable), il est courant que les administrateurs de l'entreprise décident que l'entreprise cesse de fonctionner et de liquider les actifs de l'entreprise.

objectifs de la société. Le regroupement de ces modes de sortie est courant dans les analyses de survie car il est difficile dans la plupart des cas de disposer de l'information exacte sur les raisons conduisant à la sortie de la firme. Cela est particulièrement vrai pour des petites sociétés qui ont été « délistées » depuis plusieurs années car il est difficile de suivre sa trace.

La littérature a mis en évidence que les facteurs associés à ces deux types de sortie sont différents et il est donc nécessaire de prendre en compte que les firmes font face à deux types de risques. Pour prendre en compte ce double phénomène, on a utilisé deux méthodologies différentes. Dans la première méthodologie, on considère les deux risques compétitifs en estimant le modèle pour chaque type de risque séparément et considérant l'autre comme censuré. Cependant, ce type de modélisation ne prend pas en compte le risque simultané des événements et elle ne permet pas une comparaison des paramètres estimés pour chaque type de risque. La deuxième méthodologie utilisée est décrite par Lunn et McNeil (1995). Cette approche implique une augmentation des données en dupliquant les données relatives à chaque type d'événement. Ensuite, on estime un modèle de Cox stratifiant par le type de risque. Cela permet de prendre en compte que le risque de base diffère entre les deux types de risque.

Principaux résultats

Dans notre analyse empirique sur l'impact du brevet sur la survie des firmes du logiciel en Europe, on a mobilisé un modèle à risque proportionnel en prenant en compte que les firmes après leur introduction en bourse sont confrontées à deux types de risque : le risque de faillite et le risque de rachat. Egalement, on a fait une variante dans notre modèle afin de prendre en compte que les petites sociétés et les grandes sociétés sont confrontées à un risque qui n'est pas proportionnel dans le temps pour les deux types d'acteurs. C'est-à-dire que la forme du risque entre ces deux groupes est différente dans le temps. Dès lors, les petites sociétés sont confrontées à un risque qui est plus important dans le temps que les grandes firmes. On a également considéré que les sociétés qui avaient déposé au moins un brevet

étaient confrontées à un risque qui n'est pas proportionnel au risque des sociétés n'ayant pas déposés des brevets.

Ainsi, plusieurs résultats confortent notre analyse. Tout d'abord, concernant la valeur en termes de survie d'un brevet additionnel dans le portefeuille avant l'introduction en bourse, on a observé que les firmes sont confrontées à un risque de faillite et de rachat de 51.1% et 5.4% moins important, respectivement. Cela conforte l'idée largement exposé dans la littérature sur l'avantage comparatif fournit par le brevet et les efforts en R&D nécessaire à son obtention. En contraste, une augmentation dans la qualité du portefeuille des brevets (mesurée par le nombre de citations futures avec fenêtre de 3 années) est liée à une réduction de 17.5% dans le risque de faillite et une augmentation de 0.06% du risque de rachat. Comment on l'avait remarqué précédemment l'innovation est associée à une augmentation dans les compétences des firmes et par conséquent dans l'attractivité des firmes pour être une cible de rachat d'une autre société.

Les brevets seraient donc des actifs stratégiques qui réduisent le risque de faillite et augmentent le risque de rachat. Les jeunes sociétés possédant des brevets sur des technologies clés sont des cibles attractives pour plusieurs types des sociétés, y compris celles qui souhaitent faire de l'utilisation stratégique des brevets. Dans la partie précédente concernant la valeur du brevet, on a énuméré plusieurs caractéristiques qui font du brevet un actif stratégique. De cette façon, dans les technologies complexes, l'usage stratégique (offensif et défensif) du brevet fournit les incitations nécessaires à rendre les firmes détenant des brevets de qualité des cibles de rachat privilégiées. Le brevet faciliterait l'identification des sociétés détenant des technologies clés et serait lui-même un instrument qui attire les firmes qui utilisent le brevet stratégiquement. Le Tableau ci-dessous montre que les sociétés américaines ciblent des sociétés avec des portefeuilles de brevets d'une qualité supérieure à la moyenne et supérieure à celle que les sociétés européennes rachètent elle mêmes.

Tableau 18. Caractéristiques du portefeuille des brevets des firmes acquises

Acquiror country	GB	DE	FR	ITES	SE	TOTAL	Forward citations (on average)	No Patents acquired per firm (on average)	Share of PTC patents	Share of firm with at least one patent
United kingdom	50	4	4	1	2	61	0,61	0,54	0,10	0,20
Germany	0	35	5	0	0	40	3,88	0,50	0,08	0,25
France	0	1	44	0	0	45	7,09	1,11	0,29	0,29
Italy	0	3	2	15	1	21	0,05	0,29	0,00	0,10
Spain	1	0	1	2	0	4	0,00	0,00	0,00	0,00
Sweden	0	0	0	0	23	23	1,13	0,46	0,33	0,21
Canada	1	3	0	0	1	5	4,20	0,60	0,40	0,40
Netherlands	1	1	1	0	2	5	0,00	0,00	0,00	0,00
United-States	10	7	4	1	1	23	41,00	2,35	0,87	0,39
Others	3	3	4	0	2	12	0,18	0,27	0,18	0,09
Total	66	57	65	19	32	239	6,28	0,61	0,22	0,19
Local acquiror %	76%	61%	68%	79%	72%	71%				
Foreign acquiror %	24%	39%	32%	21%	28%	29%				
Duration (years)	4,92	4,82	5,98	6,30	5,30	5,46				

Source: Auteur sur la base de Bureau van Dijk's Zephyr database et Qpad

Ainsi, 40% des sociétés européennes acquises par des firmes américaines ont déposé au moins un brevet avant leur introduction en bourse contre 20% en moyenne. Elles ont déposé en moyenne 2.35 brevets avant leur introduction en bourse alors que le nombre moyen de brevets déposé par les firmes européennes acquises est 0.61 brevets. Par ailleurs, 87% de ces brevets ont eu une extension PTC alors que la moyenne est de 22% et le nombre moyen des citations futures est de 41 contre 5.81 citation en moyenne.

Patenting behaviour and the survival of newly-listed European software firms⁹⁸

Abstract

The aim of this empirical study is to test whether patenting impacts on the likelihood of software companies (USSIC 737) surviving after an IPO in 6 European markets. We examine the characteristics of software firms undertaking IPOs, using firm-level data from Bureau van Dijk's Zephyr database, the Questel-Orbit QPAT patent database, financial documents available on the company's websites and specialized websites. This study brings together all software-company-related IPO deals from the United Kingdom, Germany, France, Sweden, Italy and Spain from 1st January 1997 to 31st December 2005 in Bureau van Dijk's Zephyr database. To estimate the probability of survival, this study uses a semi-parametric approach, based on the stratified Cox competing risk model, controlling for other determinants of survival. Results suggest that, taking into account other characteristics (experience, sales, profitability and solvency ratios, but also market conditions), patenting prior to an IPO is related to different modes of exit aftermarket. Research findings reflect the fact that additional patent applications before an IPO reduce the risk of exiting either by acquisition or by failure. In contrast, the quality of the patent portfolio increases the attractiveness of a European software company as an acquisition target while reducing the hazard rate of exit through business failure.

Keywords: European Software Firms, Patent Metrics, Initial Public Offering (IPO), Survival, Start-ups.

1. Introduction

Over the past few years, scholars, industrialists and policy makers have sought to improve the framework conditions that support the growth and success of European SMEs and European innovators. It is usually claimed that in the European software industry there are few success stories (NESSI, 2008; Syntec informatique, 2008). Software companies founded in Europe have rarely become large global leaders. What is more, European SMEs generally have serious problems of growth

⁹⁸ This chapter is a slightly adapted version of Useche (2013). "Patenting behavior prior to IPO the survival of European software firms in the aftermarket" This article is under review in *Industry and Innovation*.

and there are few medium-sized firms or large, young, leading innovators compared with the US (Veugelers and Cincera, 2010). Indeed, successful “New Technology Based Firms” (NTBFs, see Storey and Tether, 1998; Colombo and Grilli, 2005) and especially software companies are essential to the renewal of the industrial structure, the creation of highly qualified jobs and the aggregate economic growth.⁹⁹

In search to reduce the persistent gap in innovative performance relative to US, several EU members States have been introducing new measures to support the creation and growth of YICs by improving their access to funding (see BEPA, 2008; Schneider and Veugelers, 2010; Pellegrino et al., 2010) through government support, VC support and financial markets (see Botazzi and Da Rin 2001; 2002). Despite the high policy attention and several policy interventions to improve innovation capabilities and innovation commercialisation of YICs in Europe, IT European firms had very limited access to protect their computer program-related inventions through patents. At the European level, computer programs “as such” are excluded from patentability under Article 52(3) of the European Patent Convention (EPC). However, a growing number of software companies in Europe are filing patents that include a large number of inventions in this field. European patents shall be granted by the European Patent Office (EPO) or national patent offices, “for any inventions, in all fields of technology, provided that they are new, involve an inventive step and are susceptible of industrial application”. Moreover, a computer-implemented invention must also be “technical” to qualify for patent protection¹⁰⁰. Then, the “technical” criterion is considered as the decisive factor for the patentability of a computer program in Europe. By consequence, most of computer related patents have been applied to particular sectors, such as electronics and IT hardware (Rentocchini, 2011) in which embedded software is particularly important, while for software companies access to patents continues to be notably restricted.

This paper seeks to provide new evidence concerning the relationship between pre-IPO patenting behaviour and the survival of newly-listed software firms

⁹⁹ Most of the newly-listed Software companies in Europe are by definition “New Technology Based Firms” which are newborn Young Innovative Companies (YICs) operating in high-tech sectors.

¹⁰⁰ See European Patent Convention Rule 27

in Europe while considering that firms face both a risk of acquisition and a risk of failure. For this purpose, we match software firms' IPO information (USSIC737) from Bureau van Dijk's Zephyr database with patent information from the Questel-Orbit QPAT database. Then, we assess the fundamentals of software companies that went public in 6 European countries (United Kingdom, Germany, France, Sweden, Italy and Spain) from 1997 to 2005. During those years, new, highly risky firms with poor business plans had access to liquidities to support their business development through going public in Europe. European software companies going public were particularly risky, displaying signals of financial weakness and inexperience with IPOs. Thus, half of the software companies going public were young (< 6 years' experience), 79.2% were small (< 250 employees) of the companies and half were SME in terms of revenues (< 10 million euros). The large number of unprofitable software companies going public in European markets is also remarkable. 48% of the software companies undertaking IPOs declared losses in the year preceding an IPO. It would seem that this fragility exposed by European software companies at IPO is related to their aftermarket survival. Moreover, the influence of firms' entry IPO characteristics on their survival differs according to the type of exit. Software companies which are successful in terms of financial ratios also have lower failure rates in the short term. Similarly, patenting prior to IPO improves the likelihood of survival but a high-quality patent portfolio increases the risk of acquisition while reducing the risk of failure.

The paper is organised as follows: Section 2 reviews the theoretical and empirical studies on the factors that influence firms' exit aftermarket through failure or further M&A activity. Section 3 reviews the theoretical and empirical studies suggesting that the likelihood of survival is positive related with innovation outputs as patents. Further, we explore the main the controversies related to patenting in the software industry as well as the reasons for which patents may be related to a competitive advantage which reduces the risk of failure and increases the risk of acquisition. The data used in the empirical analysis, the methodology applied and the estimations techniques are presented in Section 4. Section 5 presents the empirical results. Finally, Section 6 concludes and discusses some implications of our findings

and Section 7 presents the main policy implications and limitations of this research study.

2. Firms' characteristics, innovation and survival of new entrants

A rich body of literature of industrial organisation (IO) and management has provided theoretical and empirical evidence concerning stylized relationships about firm dynamics, growth and survival. The theoretical model of noisy selection proposed by Jovanovic(1982) claims that the likelihood of survival should be stochastically distributed across all firms, independent of (observable) firm and industry characteristics. In Jovanovic's model, *entrepreneurs* face costs that are random and different across firms. Jovanovic assumes that firms are initially endowed with unknown and time-invariant characteristics. The firm post-entry performance depends on the learning process that enables firms to discover and adapt their particular level of efficiency, given the existence of asymmetries in efficiency and imperfect information (see Audretsch et al, 1999; Agarwal and Audretsch, 2001; Santarelli and Vivarelli, 2007; Cefis and Marsili, 2006). Thus, efficient firms grow and survive while inefficient firms decline and fail. Jovanovic's model has been extended by Ericson and Pakes (1995) who include firms' investments in R&D as an intentional choice to improve the firms' efficiency, profitability and the chance of success under competition.

A different approach of firm survival suggests that the characteristics specific to new entrants are related with their survival probabilities which means that post-entry performance is not random across firms. According to this approach the likelihood of survival in an industry will be lower in the presence of economies of scale (Audretsch, 1991; 1995). The greater the entry size of a firm, the lower the cost disadvantage imposed by an inherent size disadvantage and the lower will be the likelihood of exit confronting the new entrant (Agarwal and Audretsch, 2001). Many empirical studies provide evidence on the relationship between entry size and survival, but most of the cases are specific to factors particular to the firm and industry (see Audretsch et al, 1999; Agarwal and Audretsch, 2001; Santerelli and Vivarelli, 2007). By contrast, entry size does not always appear as a good predictor

of survival. Audretsch et al. (1999) found that when new firms enter below the MES, entry size becomes less informative as a survival predictor. Similarly, the theory of small-firm strategic niches, proposed by Porter (1979) and Caves and Porter (1977) also suggest that small firms avoid the risk of exit and can stay small by occupying a strategic niche. By the same token, Agarwal and Audretsch (2001) found that in technically advanced industries, small firms have less pressure to grow in order to increase the likelihood of survival. This reflects that small firms have greater likelihood of survival where opportunities for niche marketing abound.

Empirical literature has broadly contributed to the analysis of different processes and firms' specific characteristics influencing the growth and the failure of new entrants. Empirical evidence has shown that firm characteristics are related to market entry and exit rates. It is commonly argued that exit rates decline with firms' age and size (Evans 1987; Dunne et al., 1989; Audretsch, 1991; 1995). It is usually considered that firm age is a proxy of the accumulated learning (Agarwal and Gort, 2002), firm's experience (Audretsch, 1995) and financial riskiness (Ritter, 1991; Schultz 1993). Longevity brings stability and reduces the likelihood of exit. Exit rates of new entrants also increase with their financial fragility (Klepper, 1996; Cooley and Quadrini, 2001), credit constraints and lack of financial capital. Survival rates of new firms also vary systematically across industries and regions (Dunne et al., 1989; Audretsch, 1995) and they are related to the firms' ability to learn about their market environment (Gerosky, 1995). The literature has highlighted different reasons for firms' failure, such as the absence of profitability, stock price collapse, the firms' debts or external business conditions (stock market uncertainty, economic crisis), among others (Hensler et al., 1997; Kauffman and Wang, 2003; Peristiani and Hong, 2004; Wagner and Cockburn, 2010).

The roles of different selection mechanisms of heterogeneous firms and learning processes have been also widely analysed. Nelson and Winter (1982) postulate that through innovative and imitative investments, firms attempt to boost their relative position in the distribution of productivity levels and their chances of success in the competition process. Hall (1987) found that firm's technological capabilities measured by R&D and patents increase the market value of the firm and

as a result its survival probabilities. She found that firm's technological capabilities have more explanatory power than firm size. Christensen et al. (1998) show that, for the hard disk industry, architectural innovation reduces a firm's likelihood of exit. Perez et al. (2004) suggest that carrying out R&D improves the competitive position and survival of Spanish manufacturing firms. Cefis and Marsili (2005; 2006) found that innovative firms that introduce a new or improved product or process have higher survival probabilities than non-innovators. They found evidence of an "innovation premium" in survival time which is higher for small and young firms which are those at the greatest risk of failure. They found that innovation is particularly important for the survival of younger and smaller firms.

As far as patenting behaviour is concerned, Audretsch and Lehmann (2004) found that the number of patents, the firm's human capital (board of directors), and firm size improve the likelihood of survival of firms from various industries listed on the German Neuer Markt. Wagner and Cockburn (2010) have shown that patenting was positively associated with survival for US Internet-related IPOs at the height of the stock market bubble of the late 1990s. They argue that patents conferred a competitive advantage that increased the probability of survival. Previous research has also shown that in software related industries patents may have a "strategic value" that may improve the ability of software firms to operate in the market. The strategic use of patents in cumulative and complex technologies may take different forms as for example cross-licensing, to increase bargaining power and to prevent hold-ups (defensive patenting). Software companies with patents may use them in cross-licensing negotiations to defend themselves against litigation. A larger patent portfolio may reduce the probability of being involved in a suit on any individual patent (Lanjouw and Schankerman, 2001). Moreover, firms may accumulate patent "thickets" or set up patent pools to increase their market power and pose entry barriers or disincentives to others innovators (Bessen and Meurer, 2008). Olsson & McQueen (2000) summarize seven factors influencing patenting in small computer software companies and which may improve their survival performance aftermarket. The first is the received wisdom that patents are considered effective in discouraging imitators. Second, a patent portfolio may convince investors that a company may be worth investing in since the portfolio may both indicate the technical level of the

company and “lock” the rights to the technologies claimed in the patents granted to the company. Third, patents can be an effective means to reduce the risk and impact of people leaving the company to become new competitors. Fourth, software firms might be interested in licensing out patented technology to generate income from a technology that is not at the heart of their business model. The fifth factor is that filing a patent application concerning a technology that the company does not intend to exploit may block or delay a competitor. The sixth factor is related to patenting as a means to motivate and stimulate the inventiveness of employees. The seventh factor is patenting to promote the image of the company or its products.¹⁰¹ From our point of view, the “strategic value of patents” is related to a competitive advantage which may be related with the likelihood of survival. We can state:

Hypothesis 1. Patents and particularly high-quality patents are related with a competitive advantage that reduces the probability of a firm exiting through business failure.

3. Patents, innovation and acquisition risk

Financial and Managerial literature has also extensively contributed to the analysis of firm survival through acquisitions. The literature has shown important differences between M&A and other exit mechanisms. Thus, bankruptcy and voluntary liquidation are usually considered as forms of firm failure while the circumstances or characteristics that promote the acquisition of a company are different (Peel and Wilson, 1989; Schary, 1991). The literature often quotes the diversity of causes and forms of M&A deals. Empirical results show contrasting evidence concerning the firm’s characteristics and performance affecting the likelihood of acquisition. Caves (1998) shows that small highly productive firms are attractive acquisitions targets which may offer new exploitation opportunities if

¹⁰¹ Through patents software firms may improve their reputation which may help the firm to find valuable external resources, such as competent R&D partners, entrepreneurial financing, valuable employees to hire (high level researchers or managers), and may make it easier to get contracts, grants or subsidies (Muller and Pénin, 2006) which may increase future firm performance.

matched with the resources of the acquired. This is also the case for unproductive large firms which their resources may be better reallocated or used in a more productive way. Palepu (1986) postulates that the likelihood of being a target is related with inefficient management, firm size, price-earnings, growth-resource imbalance, asset undervaluation and industry disturbance. Additionally, Ambrose and Megginson (1992) and Powell (1997) found that free cash flow, tangible fixed assets and undervalued growth potential increase the likelihood of being acquired. Wagner and Cockburn (2010) suggest that a successful company can be a precious investment for another firm because it runs a profitable business, controls valuable technologies, assets or markets. Otherwise, a collapsed company might be purchased because of its assets but not because of its operations.

Knowledge-based literature highlighted that the transfer of intangible assets is an important reason for acquisition (Granstrand and Sjölander, 1990; Coff, 1999). In this way, the acquisition of a company is a widely used strategy by large firms (but not only large ones) to access to resources, skills and markets (Cohen and Levinthal, 1990; Cefis and Marsili, 2012). Through innovation, firms increase their stock of knowledge and capabilities and as a consequence their attractiveness as acquisition targets (Cefis and Marsili, 2007; Wagner and Cockburn, 2010). However, the value knowledge capital is highly heterogeneous, hard to identify and transfer (Coff, 1999; Ranft and Lord, 2002; Cefis and Marsili, 2012). In this perspective, patents may be considered as more easy identifiable and transferable intangible assets. Firms with patents are usually identified as successfully innovators and by consequence they are more likely to be an acquisition target. However, the “value”, “quality” or “importance” of patents is highly heterogeneous and varies widely from patent to patent (Sherer, 1965). In the context of software related technologies and innovation, valuable patents are highly valuable assets which are more likely to generate revenues from licences and/or to ensure that a technology will operate successfully in a particular domain. Consequently, increases in the “quality” or “importance” of patents increase the attractiveness of a software related company as an acquisition target. Wagner and Cockburn (2010) found that highly -cited patents are valuable

assets that improve the competitive situation and by consequence the attractiveness as acquisition targets of new-listed US Internet-related companies. Indeed, high-valuable firms' knowledge and capabilities can be regarded as strategic assets which improve the firm's performance (Nelson & Winter, 1982; Winter, 1987), reducing the risk of failure and increasing the risk of acquisition. This finding may be particularly important in a context where companies expand their own portfolios of patents in response to potential hold-up problems in markets for technology (Ziedonis, 2004). Thus, it can be expected that in the presence of markets for technology with highly fragmented ownerships, as in the software industry, the quality of the patent portfolio increases the attractiveness of a company as an acquisition target. A company with high-quality patents may be an attractive acquisition target for many companies who may be interested for several reasons related to those patents, for example the exploitation of cross-licensing agreements, reducing hold-up problems and improving their bargaining power. We can state:

Hypothesis 2. Patents and particularly high-quality patents are valuable assets that increase the attractiveness of a company as an acquisition target.

Thus, there is little evidence concerning the mechanisms related to the survival of newly-listed European software companies after the Dot.com Boom and the financial instability which characterised the last decade. Similarly, little is known about the relationship between patents and survival of software companies, especially in Europe where patentability of computer related inventions is particularly restricted. The value of patents in the software industry has been widely documented but there is little evidence related to firms' survival. Indeed, software is a complex and cumulative technology characterised by very fast technical change and a short effective lifespan for innovations. In this context, patents may be characterized by lower effectiveness at preventing imitation but may have different potential effects on firms' performance.

4. Data description and empirical strategy

4.1. Data

The sample considered for the analysis was built through matching two main databases. First, the Bureau van Dijk's Zephyr database which is the most comprehensive database of deal information concerning M&A, IPO, private equity and venture capital deals for European companies. The Zephyr database also contains information on the current situation of the company after its IPO (whether or not a firm is still listed), the last deal status update date, and the current main exchange market position. This information is used to characterize the modes of exit of firms and the definition and duration of survival. We also use the Questel-Orbit QPAT database to analyse the characteristics of the patent portfolio of the companies at the moment of the initial public offering. The QPAT database has developed a family definition (FamPat family) which provides comprehensive family coverage of worldwide patent publications¹⁰². Considering only companies with available information concerning public entry characteristics, our sample is composed of 578 newly-listed software firms from 6 European countries that went public between 1997 and 2005.

4.2. Definition of the dependent variables

It is usually accepted that a company has survived after an IPO if it is still listed on the stock market (Henseler, Rutherford and Springer 1997; Kauffman and Wang, 2003; Wagner and Cockburn, 2010). In this way, two kinds of dependent variables are used in our empirical model: the duration of the observations in the sample and a binary variable indicating the firm's mode of exit. The duration is considered from an initial date (IPO date) until the date of the event (mode of exit) on a daily basis¹⁰³. As noted above, we study the aftermarket survival of companies

¹⁰² <http://www.questel.com/Prodsandservices/FamPat.htm>

¹⁰³ We also transform our duration variable on a monthly basis

that went public from the 1st January 1997 to 31st December 2005. If the newly-listed software firm was not delisted by one of the modes of exit before December 31, 2011 it was considered as censored at that date. There are two modes of exit used in this study. *The first mode is through M&A deals*, which is also the main exit mechanism from stock markets in Europe (239 firms)¹⁰⁴. As shown in the methodology, IPO information is matched with M&A deals information on the Bureau van Dijk's Zephyr database to identify the companies that were acquired after their IPO, and the date of the deal. *The second mode of exit is through bankruptcy or voluntary liquidation* (82 firms)¹⁰⁵. Bankruptcy and voluntary liquidations are usually viewed as types of failure of firms (Buehler, Kaiser and Jaeger, 2005).

4.3 Controls and main determinants

This study incorporates 5 types of variable: firm's patent portfolio characteristics (patent applied and obtained, forward citations, international applications), pre-IPO financial performance characteristics (sales, profitability and solvency ratios), other firm-related characteristics (age, size and assets), firm's industry-related segment and market conditions.

4.3.1 Patent information

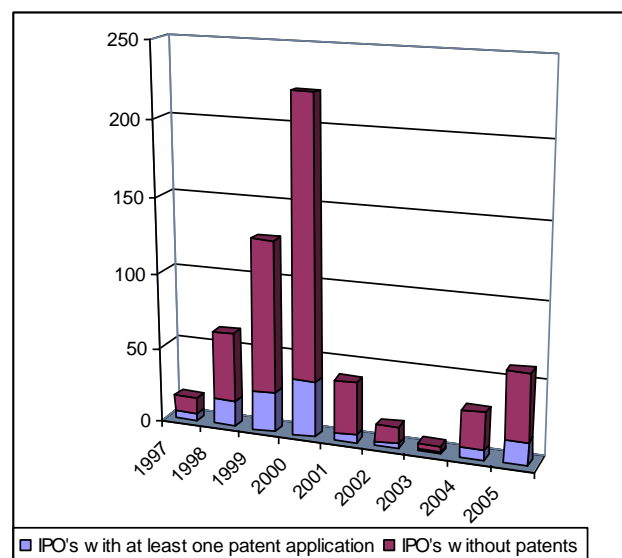
As noted above, in our analysis, the IPO information for each firm is matched with the number of the patents filed by the firm with the priority date from the Qpad database in order to obtain several metrics characterising patent behaviour prior to IPO. The first variable AT LEAST ONE PATENT APPLICATION is a dummy variable coded if the company applied for at least one patent before IPO. Figure 1 shows that the majority of European software companies did not file patents prior to

¹⁰⁴ In our sample, companies that were acquired while they were in the process of liquidation were coded as acquired.

¹⁰⁵ A firm can be also delisted from a particular public stock exchange if it is taken private or if the company decides to change stock market. This was the case for some European companies in this sample. In such cases, companies in our sample who changed stock market but continued to operate in the new stock market until 31st December 2011 were coded as censored.

IPO. The second variable PATENTAPPLIED is the number of patent applications with “priority date” prior to IPO. The number of patent applications reflects the total inventive output before IPO¹⁰⁶. We observe that companies which are interested in patents apply for very few patents before going public (50% of those companies applied for less of 2 patents). We also check for the SHARE OF PATENTS OBTAINED at IPO.

Figure 1. Patenting prior to IPO in the European software industry



Source: Author's estimations

We also check for the “quality” of the patents applied before IPO through the number of forward citations received within 3 years of the date of the IPO (FORWARD CITATIONS)¹⁰⁷ and the number of international applications (INTERNATIONAL APPL (PCT)). Table 1 summarizes the international

¹⁰⁶ We did not evaluate “software patents” whose definition can be arbitrary (Mann, 2005) but all the innovative input that might emerge in a complex innovation process with others firms, providers, and clients in the different business segments in which software companies operate.

¹⁰⁷ We are aware that this window in the number of forward citations is not easy observable by potential firms' acquirers but they may reflect a better indicator of the quality of technologies patented prior to IPO.

characteristics of the patents filed by European software companies. It should be pointed out that 36.4% of the patent applications prior to IPO had a US extension (or are applied at the USPTO) while 33.7% were international applications. This shows the importance of the US market for growing European companies.

Table 1. International characteristics of European software IPO patents' portfolio

IPO country	Number of patents (<i>On average</i>)	Number of USPTO patents (<i>On average</i>)	Share of portafolio at the USPTO	Number of International Applications (<i>On average</i>)	Share of PTC patents
GB	1,269	0,742	40,6%	0,330	35,6%
DE	0,692	0,217	17,9%	0,273	38,7%
FR	0,755	0,430	37,1%	0,291	34,3%
ITES	3,395	0,105	40,0%	0,026	10,0%
SE	1,234	0,469	46,2%	0,422	49,8%
Total	1,142	0,471	36,4%	0,315	33,7%

Source: author's calculations

4.3.2. Financial ratios

Here, we use common ratios of profitability and solvency which are used by investors to analyse the financial performance of firms, in order to take into account firm heterogeneity and financial performance. The variable RETURN ON SALES was created to compare the business's ability to generate earnings as compared to its expenses and other relevant costs incurred during the year preceding the filing of the IPO. We also include a dummy variable called POSITIVE RETURN ON SALES RATIO (ROA>0) which is equal to one if the quoted company has a positive profitability ratio and equal to zero otherwise. We also include a variable called EQUITY RATIO which is defined as the shareholders' funds¹⁰⁸ in proportion to total assets. This ratio can produce a confidence factor for unsecured creditors. Generally speaking, the lower a company's equity ratio, the greater the probability that the company will default on its debt obligations. Debt holders are paid first during

¹⁰⁸ The Bureau van Dijk's Zephyr database defined shareholders' funds as the sum of the target company's capital and other shareholders funds including reserves.

bankruptcy proceedings. A high equity ratio provides security to shareholders in the event that a company is liquidated while the first to be paid during bankruptcy proceedings are debt holders. Additionally, we introduce a dummy variable called NEGATIVE EQUITY RATIO which is equal to one if the quoted company has a negative equity ratio and equal to zero otherwise. It is expected that the likelihood of survival of a firm is positively associated to the financial performance.

4.3.3. Venture capital support

Bureau van Dijk's Zephyr database also contains information on venture capital support. The dummy variable VCAP indicates whether the IPO was backed by one or more venture firms (=1) or not (=0). Jain and Kini (2000) and Wagner and Cockburn (2010), find that the presence of venture capitalists reduces the likelihood of exit of newly listed firms in the US. However, empirical literature on European countries has found that receiving VC does not improve the survival rate of newly listed firms in the German Neuer Markt (Audretsch and Lehmann, 2004), in Belgium (Manigart et al., 2002) or in France (Pommet, 2012).

4.3.4. Size, revenues and age at IPO

The analysis also checks for the size of the company including the number of employees in the year preceding IPO (EMPLOYEES). We also include a log transformed variable of total assets and turnover in the year preceding IPO called LOG (ASSETS) and LOG (REVENUES), respectively. The dummy variable SME indicates whether the software company quoted has sales inferior to €10 million in Europe (50.8% of the sample).¹⁰⁹ Additionally, we also include two dummy variables called SC and YC for companies having less of 250 employees (79.2% of the sample) and companies having less than 6 years old of experience at IPO (47.7% of the sample), respectively.

¹⁰⁹ See the EUROSTAT definition of SME for Europe: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-NP-06-024/EN/KS-NP-06-024-EN.PDF

The variable AGE AT IPO is calculated as the difference between the effective date of IPO and the date of legal incorporation. If the date of incorporation was not available from Bureau van Dijk's Zephyr database it was obtained from publicly-available financial documents on the company's website or through specialized magazines. The company's age at IPO is expected to be a good proxy for financial soundness, thus reducing the risk of exit. It is expected that companies with more experience before going public have lower failure rates than young companies.

4.3.5. Firms' related industrial segment

The literature has shown that the likelihood of survival varies systematically from industry to industry (Dunne et. al., 1989; Audretsch, 1995). Intra-industrial differences might be important in aftermarket survival of new software firms because there is significant heterogeneity across industry segments related to their innovation capabilities, Intellectual Property appropriability, profitability, size and markets. Indeed, software firms operate in multiple sectors of activity: development and consultancy services, solution- and service- provision, financial services, software development, Internet, video games, among many others. Thus, we introduce 6 dummy variables related to the company's principal and secondary major software segments using Fourth-Digit Standard Industrial Classification 737 codes. Table 2 lists the major sector classification used in the analysis. We are aware that the use of statistical classifications of activities is not without problems, because the definition of the software industry is fuzzy and software companies may be operating in more than one industry segment.

Table 2. Software Industry activity distribution and variable codification

737	Computer & Data Processing Services	N. of firms
7371	Computer Programming Services	316
7372	Prepackaged Software	24
7373	Computer Integrated Systems Design	38
7374	Data Processing & Preparation	18
7375	Information Retrieval Services	123
7379	Computer Related Services	59
Total		578

Source : Bureau van Dijk's Zephyr database

4.3.6. Temporal, Geographical effects and market conditions

Lastly, this study uses temporal and geographical differences in IPO deals. It has been documented that IPOs tend to come in waves, characterized by periods of hot and cold markets. Then, we introduce the dummy variables “Bubble”, “Burst” and “Recovery” which are coded one if the company was introduced between 1997-2000, 2001-2002 or 2003-2005, respectively, 0 otherwise. We include the variable *SOFT_RATIO*, which is a ratio defined as the number of software IPOs by industry segment divided by the total number of software IPOs in a given year. We also introduce a dummy variable called ‘NEW MARKET’ which is coded 1 if the companies were quoted AIM (UK), Nouveau Marché (FR), Nuovo Mercato (IT), Neuer Markt (DE) or Nordic Growth Market (SE). These markets were designed to ‘provide high-growth companies with access to the international investment community, within an accessible and well regulated market structure’ (Euro.nm, 1999; Bottazzi and Da Rin, 2001). We also include five dummies to take into account country-specific characteristics. Then “UK”, “DE”, “FR”, “SE”, “ITES” represent the dummies of newly-listed companies in British, German, French, Swedish and Spanish/Italian (taken together) stock exchanges respectively. It is expected to control for differences in the selection process and market conditions at the different periods of IPOs.

Tables 3 and 4 in the Appendix report the summary and correlation statistics. It should be pointed out that the high correlation (0.71) between the number of patent application and the number of forward citations (see table 4) might indicate multicollinearity problems. With this in mind, we applied variance inflation factors tests to our regression and we found that the highest VIF¹¹⁰ was 3.73.

¹¹⁰ Results are available upon request.

Table 3. Summary statistics

VARIABLE	EUROPE			UK	GERMANY	FRANCE	SWEDEN	ITES
	Mean	Min	Max	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean
SURVIE TIME (days to exit)	2829,35	55,00	5445,00	2429,29	2994,48	3038,74	2935,47	3113,18
DELISTED	0,56	0,00	1,00	0,62	0,51	0,53	0,55	0,55
ACQUIRED	0,41	0,00	1,00	0,36	0,40	0,43	0,50	0,50
BANKRUPCY/ VOLUNTARY LIQUIDATION	0,14	0,00	1,00	0,25	0,11	0,10	0,05	0,05
AT LEAST ONE PATENT APPLIC.	0,20	0,00	1,00	0,19	0,19	0,21	0,25	0,13
PATENTAPPLIED	1,13	0,00	137,00	1,27	0,69	0,75	1,23	3,39
PATENTOBTAINED	0,81	0,00	117,00	0,87	0,37	0,47	0,97	3,26
FORWARD CITATIONS	6,23	0,00	1359,00	8,92	1,20	8,25	6,86	3,34
INTERNATIONAL APPL (PCT)	0,30	0,00	32,00	0,33	0,27	0,29	0,42	0,03
RETURN ON SALES (t-1)	-0,16	-355,04	478,81	-0,31	-0,58	2,76	-4,47	-2,16
POSITIVE RETURN ON SALES RATIO	0,52	0,00	1,00	0,43	0,56	0,63	0,48	0,42
EQUITY RATIO (t-1)	-3,76	-2337,67	1,00	-12,85	0,27	0,47	0,63	0,45
NEGATIVE EQUITY RATIO	0,08	0,00	1,00	0,16	0,04	0,05	0,02	0,05
VENTURE BACKED	0,11	0,00	1,00	0,09	0,09	0,13	0,13	0,18
AGE AT IPO	8,47	0,04	62,27	5,25	10,41	8,68	11,48	10,71
EMPLOYEES	351,52	1,00	30209,00	503,07	290,43	259,77	80,45	676,76
LOG (TOTAL ASSETS) (t-1)	9,86	1,07	16,08	9,11	10,22	10,18	9,34	11,74
LOG(REVENUES) (t-1)	8,85	-1,15	15,24	8,62	9,09	9,35	6,90	10,31
SME (<10 M REVENUES)	0,51	0,00	1,00	0,54	0,48	0,44	0,78	0,24
SC (<250 Employees)	0,79	0,00	1,00	0,77	0,79	0,81	0,92	0,63
YC (< 6 years)	0,48	0,00	1,00	0,70	0,40	0,36	0,38	0,34
Bubble	0,75	0,00	1,00	0,52	0,92	0,79	0,81	0,84
Burst	0,09	0,00	1,00	0,16	0,04	0,11	0,00	0,08
Recovery	0,16	0,00	1,00	0,32	0,04	0,11	0,19	0,08
SOFT_RATIO	0,35	0,09	0,46	0,31	0,39	0,35	0,33	0,40
NEW MARKET	0,36	0,00	1,00	0,34	0,59	0,31	0,08	0,29
Number of companies	578			182	143	151	64	38

Table 4. Correlation matrix of the main variables used in the regressions.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 SURVIE TIME (days to exit)	1.0000								
2 AT LEAST ONE PATENT APPLIC.	0.0764	1.0000							
3 PATENTAPPLIED	0.0930	0.2806	1.0000						
4 SHARE OF PATENTS OBTAINED	0.0507	0.8402	0.2480	1.0000					
5 FORWARD CITATIONS	0.0535	0.1919	0.7177	0.1566	1.0000				
6 INTERNATIONAL APPL (PCT)	0.0889	0.3181	0.6877	0.2361	0.7418	1.0000			
7 EQUITY RATIO (t-1)	0.0676	0.0179	0.0055	0.0135	0.0041	0.0055	1.0000		
8 NEGATIVE EQUITY RATIO (t-1)	-0.1261	-0.0185	-0.0292	-0.0062	-0.0227	-0.0261	-0.1519	1.0000	
9 RETURN ON SALES (t-1)	0.0502	0.0304	0.0088	0.0254	0.0060	0.0097	-0.0028	0.0177	1.0000
10 POSITIVE RETURN ON SALES RATIO	0.1655	0.0374	0.0844	-0.0016	0.0676	0.0784	0.0461	-0.2159	0.0680
11 REVENUES	0.1046	0.0575	0.0921	0.0251	0.0793	0.0540	0.0835	-0.1490	0.2094
12 SME (<10 M REVENUES)	-0.0499	-0.0563	-0.0633	-0.0154	-0.0653	-0.0259	-0.0428	0.1228	-0.0602
13 LOG (TOTAL ASSETS) (t-1)	0.1149	0.0314	0.1210	0.0185	0.1079	0.0906	0.1815	-0.3278	-0.0292
14 EMPLOYEES	0.0546	0.0333	0.0420	0.0552	0.0295	0.0119	0.0089	-0.0491	0.0115
15 AGE AT IPO	0.1611	0.1213	0.0373	0.1347	0.0198	-0.0130	0.0408	-0.0681	0.0356
16 VENTURE BACKED	-0.0313	0.0621	0.0605	0.0764	-0.0237	-0.0019	0.0127	-0.0208	-0.1669
17 SC	-0.0293	0.0307	-0.1193	0.0236	-0.0894	-0.0309	-0.0224	0.1190	-0.0315
18 YC	-0.1535	-0.1467	-0.0809	-0.1436	-0.0774	-0.0328	-0.0424	0.0900	-0.0653
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
9 RETURN ON SALES (t-1)	1.0000								
10 POSITIVE RETURN ON SALES RATIO	0.2973	1.0000							
11 REVENUES	-0.2604	-0.7442	1.0000						
12 SME (<10 M REVENUES)	0.2432	0.6485	-0.5364	1.0000					
13 LOG (TOTAL ASSETS) (t-1)	0.0901	0.2707	-0.1536	0.2721	1.0000				
14 EMPLOYEES	0.1226	0.1664	-0.1358	0.1152	-0.0213	1.0000			
15 AGE AT IPO	0.0367	-0.0321	-0.0338	0.0445	-0.0198	-0.0499	1.0000		
16 VENTURE BACKED	-0.2025	-0.4723	0.4440	-0.4210	-0.3362	-0.1281	-0.0126	1.0000	
17 SC	-0.1196	-0.1582	0.1290	-0.0525	0.0222	-0.7033	-0.0009	0.0880	1.0000

4.4. Empirical strategy

To estimate the relationship between firms' pre-IPO quality metrics and their survival in the aftermarket, this study uses a cross-sectional Cox hazard regression model (Cox, 1972; Cox and Oakes, 1984). A semi-parametric approach based on

Cox's regression is often used to describe the relation between the empirical exit rate and "background variables". This model expresses the exit rate to a destination state as a rather simple function of observed and unobserved explanatory variables and the elapsed duration in the current state. Survival time is usually defined as a non-negative random T , the failure rate at time t and the hazard function $h(T)$ is defined as the limit

$$h_{(t)} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{p(t \leq T < t + \Delta t | T \geq t)}{\Delta t};$$

Thus, the different survival models are estimated using a vector of covariates X_i for the firms' characteristics at IPO and the regression coefficient β_k , which are to be estimated from the data. Thus, the hazard function of a firm i is expressed as:

$$h(t | x_i) = h_0(t) \exp(\beta_k X_i)$$

In this expression, $h_0(t)$ is an arbitrary and unspecified baseline hazard function reflecting the probability of failure conditional on the firm having survived until time t after its IPO. The Cox regression uses the proportional hazard assumption, which assumes that all groups of firms face a hazard function of the same shape. The shape of the hazard function remains unspecified and it can take any form. The only difference between two groups, for example, is that the hazard function of one group can be some constant proportion higher or lower than the hazard function of the other group.

Cox proportional hazards models assume that the hazard ratio is constant over time. This means that if, for example, the hazard ratio of exit is higher for small companies than big companies, it is the same at any point on the time scale. This is a strong hypothesis of the Cox model which is constrained to follow this assumption. If the assumption is violated, alternative modelling, such as the stratified Cox regression would be more appropriate (Box-Steffensmeier and Zorn, 1998; Statacorp, 2009). For that reason it is important to evaluate potential specification errors (Keele, 2010) and the validity of the proportionality assumption through several types of test (Grambsch and Therneau, 1994). In the presence of hazards that do not satisfy the

proportional assumption the estimates can give biased and inefficient results for all the parameters.

It is possible to deal with nonproportionality through the stratification of the covariate of interest. In the stratified Cox regression, the impact of the remaining independent variables on the conditional hazard is assumed to be constant across the strata, but separate baseline hazards are estimated for the different groups. Under this alternative, we assume that two groups of firms may have different risks of exiting. However, an important drawback of this specification is that we can not observe the hazard ratio of the stratified covariate.

Appendix 1 presents 3 related types of test to detect the correct model specification and identify potential nonproportionality while considering that there are competing risks involved. We consider competing risks through fitting models separately for each type of failure and treating other failure as censored (Kay, 1986; Lunn and McNeil, 1995). Additionally, we use a specification which includes time-invariant covariates like firm characteristics at the IPO (including patenting characteristics). Negative coefficients and risk ratios of less than one imply that the hazard rate decreases and the probability of survival increases with increases in the value of the variable, while positive coefficients and risk ratios of greater than one imply an increase in the hazard rate function and a decrease in the probability of survival.

5. Empirical Results

5. Empirical Results

Table 5 shows the result of a stratified Cox estimation while considering heterogeneity in terms of risk across countries, firm size (small company or not) and patenting (at least one patent application). Our estimation considers competing risks through fitting models separately for each type of failure, treating other failure as censored (Kay, 1986; Lunn and McNeil, 1995). Lunn and McNeil (1995) claim that a drawback of this method is that it does not treat the different types of failures jointly,

complicating the comparison of parameter estimates corresponding to different failure types.

Table 5. Results from a stratified Cox Proportional Hazards Regression

VARIABLES	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
	Days to exit		Days to exit		Days to exit	
	ACQUIRED	FAILURE	ACQUIRED	FAILURE	ACQUIRED	FAILURE
PATENTAPPLIED	0.946** (0.0265)	0.489** (0.176)	0.944** (0.0257)	0.439** (0.160)	0.944** (0.0264)	0.438** (0.159)
SHARE OF PATENTS OBTAINED	1.544 (0.626)	1.945 (1.665)	1.596 (0.662)	1.455 (1.083)	1.603 (0.668)	1.539 (1.094)
FORWARD CITATIONS	1.006*** (0.00188)	0.826* (0.0944)	1.006*** (0.00187)	0.800** (0.0903)	1.006*** (0.00188)	0.793** (0.0926)
INTERNATIONAL APPL (PCT)	0.921 (0.0949)	1.483 (0.759)	0.915 (0.0996)	1.681 (0.904)	0.915 (0.101)	1.757 (0.953)
EQUITY RATIO	1.012 (0.0297)	0.999* (0.000345)	1.013 (0.0284)	0.999* (0.000352)	1.012 (0.0286)	0.999* (0.000357)
NEGATIVE EQUITY RATIO	1.864** (0.536)	0.570 (0.270)	1.742** (0.493)	0.703 (0.343)	1.724* (0.492)	0.746 (0.372)
RETURN ON SALES RATIO	1.001 (0.00101)	1.008 (0.0106)	1.002 (0.00104)	1.009 (0.0115)	1.002 (0.00109)	1.008 (0.0111)
POSITIVE RETURN ON SALES RATIO	0.750* (0.110)	0.493** (0.139)	0.774* (0.113)	0.550** (0.156)	0.774* (0.113)	0.541** (0.152)
LOG (REVENUES)	0.924* (0.0438)	0.977 (0.0964)	0.929 (0.0448)	0.965 (0.0955)	0.931 (0.0461)	0.965 (0.0949)
LOG (ASSETS)	1.078 (0.0560)	0.791*** (0.0699)	1.070 (0.0566)	0.792*** (0.0710)	1.065 (0.0593)	0.793** (0.0721)
EMPLOYEES	0.999 (3.25e-05)	0.999 (0.000184)	0.999 (3.47e-05)	0.999 (0.000184)	0.999 (3.52e-05)	0.999 (0.000368)
AGE AT IPO	0.981** (0.00902)	0.933*** (0.0234)	0.980** (0.00903)	0.928*** (0.0236)	0.984 (0.0118)	0.909** (0.0355)
VENTURE BACKED	0.983 (0.220)	0.995 (0.344)	1.015 (0.229)	0.919 (0.298)	1.024 (0.233)	0.893 (0.294)
7372- Prepackaged Software	0.969 (0.331)	0.817 (0.462)	1.052 (0.348)	1.127 (0.629)	1.041 (0.349)	1.210 (0.674)
7373- Computer Integrated Systems Design	0.842 (0.224)	1.105 (0.495)	0.901 (0.243)	1.086 (0.561)	0.895 (0.242)	1.169 (0.599)
7374- Data Processing & Preparation	0.780 (0.342)	0.397 (0.398)	0.819 (0.371)	0.488 (0.514)	0.813 (0.368)	0.479 (0.497)
7375- Information Retrieval Services	1.145 (0.214)	1.364 (0.376)	1.274 (0.247)	1.589* (0.441)	1.255 (0.248)	1.585* (0.438)
7379- Computer Related Services	0.877 (0.205)	0.613 (0.270)	0.920 (0.214)	0.819 (0.350)	0.921 (0.216)	0.825 (0.353)
Burst	0.581* (0.175)	0.748 (0.222)	0.502** (0.165)	0.892 (0.458)	0.497** (0.163)	0.920 (0.479)
Recovery	1.149 (0.265)	1.058 (0.359)	0.904 (0.268)	1.108 (0.659)	0.898 (0.268)	1.125 (0.676)
SOFT_RATIO			0.378 (0.275)	1.811 (3.287)	0.354 (0.263)	2.286 (4.262)
NEW MARTKET			1.316* (0.200)	2.370*** (0.620)	1.308* (0.199)	2.378*** (0.631)
SC (<250 Employees)					1.013 (0.217)	0.695 (0.277)
YC (< 6 years)					1.109 (0.227)	0.753 (0.318)
Firms	496	339	496	339	496	339
Exits	239	82	239	82	239	82
Log likelihood	-730.3	-248.5	-728.1	-243.4	-728.0	-242.9
Wald chi2	51.42	82.91	57.39	99.01	58.17	95.44
Time at risk	1485337	1167516	1485337	1167516	1485337	1167516
Test of proportional-hazards assumption	0.9958	0.8675	0.9910	0.7585	0.9718	0.6976

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Results are presented in the form of relative risks (hazard ratios) that is the ratio of the predicted hazard given a one-unit increase in the independent variable relative to the hazard without that change (holding everything else constant). Hazard ratios greater than 1 indicate an increased risk of exiting the sample and are related to shorter survival times. Hazard ratios smaller than 1 indicate a lower risk of exiting the sample and they are related to longer survival times.

Results indicate that an additional patent application¹¹¹ reduces the hazard of exiting the sample by 5.4% through a merger and 51.1% through business failure. In contrast, the quality of the patent portfolio (forward citation received within 3 years of the date of the IPO) increases the probability of an exit through merger/acquisition (0.06% for an additional forward citation) while reducing the hazard rate of exit through business failure by 17.4%. This is in line with the findings of Wagner and Cockburn (2010) who observed that highly cited patents are particularly valuable assets that the acquired firm's technology is of high quality. Additionally, regressions results show that international patent applications and a higher share of patents obtained before going public were not statistically significant for the hazard of exit in a short duration through the different mechanisms.

In the same way, Models 1 and 2 show that the firm's size is not statistically significant for the hazard of exit through acquisitions or business failure. In contrast, an additional year of experience in terms of age at IPO reduces the hazard of exit by 1.9% for acquisitions and 6.7% for business failure. Thus, an increase in total assets reduces the likelihood of exit through business failure by 20.9% while it was not a good predictor of business failure.¹¹² Also, an increase in sales reduces the likelihood of exit through acquisitions by 7.6% but this factor was not a good predictor of business failure. In Models 3 and 4, we also include a dummy variable (SC) for small companies with less than 250 employees and a dummy variable (YC) for young

¹¹¹ We also use the number of patents obtained prior to IPO which is also statistically significant on aftermarket survival for both types of risks. For the sake of brevity these regressions were not included.

¹¹² The quadratic terms of revenues, assets and age at IPO are not statistically significant. For the sake of brevity, the regressions have not been included but are available upon request.

companies with less than 6 years old at IPO. Regression results suggest that smaller and younger newly-listed software companies were not particularly exposed to the risk of acquisition or failure.¹¹³

Further, results also indicate that the solvability and profitability ratios are not statistically significant for the hazard of exit through M&A while an increase in the solvability ratio slightly (0.01%) reduces the risk of business failure. Furthermore, firms with positive returns on sales before IPO were 25.0% and 50.7% less likely to be acquired or fail within a short duration, respectively.

Additionally, it should be pointed out that the effect of venture capital support is not statistically significant for the hazard of exit through the different mechanisms in Europe. Regressions results also suggest that firm's business segments were not statistically significant for the likelihood of exit acquisition or business failure. In addition, companies that went public between 2001 and 2002 (during the dot.com bust) were 41.9% less likely to be acquired than companies introduced between 1997 and 2000 the dot.com boom). Not surprisingly, firms that went public in the called 'new markets' were more likely to be acquired or fail while in contrast increases in the market entry (SOFT_RATIO) is not statistically significant for the hazard of exit (see Models 3 to 6).

In robustness checks presented in Appendix 3, we also used another method to analyse that firm's face both a risk of acquisition and a risk of failure. The specific method that we use for the competing risks model follows Lunn and McNeil (1995). This approach involves data augmentation by duplicating the data for each failure type. Then, we estimate a Cox hazard regression stratified by type of failure. This specification takes into account the fact that the hazard rate is now affected by both events. This means that we have a different hazard rate for each type of event. The competing risks-stratified Cox model explains heterogeneity in terms of different

¹¹³ Unfortunately, we do not have R&D expenditures in our database to test whether newly-listed software YICs as defined by Czarnitzki and Delanote(2012) were more or less exposed to the risk of exit.

baseline hazards of different exit modes. When we consider this configuration, the covariate effects are the same to those of the previous models.

6. Conclusion and discussion

This empirical study tests the impact of patents on the survival time of newly-listed software firms joining the stock market between 1997 and 2005 in Europe. We perform a cross-sectional competing-risk stratified Cox hazard model to test the effect on firms' survival in relation to their patent portfolio characteristics (patent applications, forward citations, PTC patents) while paying attention to pre-IPO financial performance characteristics, other main characteristics of firms (age, size, assets), the industry segment to which the firms are related and market conditions.

This paper contributes to the literature on innovation and company performance in several dimensions. First, our results are in line with previous findings of the literature, confirming that additional patent applications reduce the risk of exiting through merger/acquisition or business failure. The impact of the size of the patent portfolio of the newly-listed companies is higher in reducing the risk of failure than its quality. Additionally, the "innovation premium" of additional patents in the likelihood of survival is higher than the effect of accumulated learning or experience, which has been traditionally found to be a key determinant of firm survival.

Second, in line with previous literature on newly-listed firms' survival, a high-quality patent portfolio makes a firm more attractive for acquisitions (Wagner and Cockburn, 2010). In addition, a higher-quality patent portfolio reduces the risk of failure. In the light of these results, we argue that in industries with complex technologies such as the software industry, high-quality patents increase the attractiveness of a company as an acquisition target because those patents might increase the competitive position of the acquirer as in the case, for example, of the exploitation of cross-licensing agreements, reduction of hold-up problems and improvement of their bargaining power.

Third, the results support the idea that the financial characteristics of software companies at IPO are related to their likelihood of survival. Thus, money-losing IPO firms faced a higher risk of acquisition and failure within a short duration. Thus, insolvent newly-listed software firms have higher probabilities of acquisition while an increase in the solvency ratios at IPO entry reduces the likelihood of failure. Thus, profitability and solvency ratios at IPO entry are strong indicators of the ability of firms to operate prosperously aftermarket. In the same way, as expected, our analysis confirms that the influence of the IPO entry characteristics is different according to the type of exit. Thus, the ability to generate revenue before IPO reduces the risk of exit through acquisition while it is not statistically significant in the risk of business failure. On the other hand, entry size does not appear as a good predictor of survival while the firm's experience reduces the risk of exit through acquisition or business failure. In line with previous literature, we may argue that inherent size disadvantage of newly listed companies is not a determinant of firm's survival while the accumulated learning and/or firm's experience is a fundamental factor. As in previous literature, a first plausible explanation is that the "inherent potential" of each newly-listed company is independent of its entry size. An alternative explanation is that small and young software firms avoid the risk of exit by occupying one of the many niche markets that abound in the in software related-business.

7. Policy implications, limitations and future research

Firms' entry characteristics clearly can shed light on the likelihood of newly-listed software companies' survival. In this perspective, our analysis suggests that viable and well-functioning European IPOs markets must be based on companies with sound entry fundamentals. Then, policy makers, investor community and industry analyst should encourage the entry of new firms with robust entry characteristics.

Our empirical analyses show that tangible and intangible assets are particularly important for newly-listed software companies, whose most of them are

small and young, to operate aftermarket. Our regression results reflect that patents and cumulative knowledge are strongly predictors of a firm's ability to survive in the aftermarket. The "innovation premium" and "experience premium" are stronger in reducing the risk of failure than the risk of acquisition. In this sense, delay firm's IPO until the companies have more experience and intangible assets as patents may increase the likelihood of survival and by consequence the likelihood of success. In contrast, highly valuable inventions may increase the risk of acquisition. Future research may explore in deep if policies oriented to increase access to patents for European software companies may help dominant actors to identify and acquire emerging innovative companies. If this is the case, the signalling value of patents may be "harmful" in the consolidation of an independent European software industry while it may helps managers to sell their firms after the IPO. In this context, policies oriented to increase access to patents for European software companies are not neutral for competition as they may promote an industry dynamics based in picking and protecting winners.

We know that we should be prudent when interpreting our estimation results. Indeed, patents may be considered as competitive assets improving firms' survival but they may also reflect other unobservable firm's characteristics as R&D efficiency or high-quality products or services which may also improve the firms' ability to survive. Additionally, a complete picture concerning the value of patents in the European software industry may also consider whether the competitive advantage conferred by patents outweigh the cost of patenting at the firm and the industry level. A positive impact of patents in the survival of newly-listed software firms is not sufficient to consider that Europe needs to reduce the standards required for patentability of computer-implemented inventions to improve the access of patents to software related companies.

In this paper, we are aware that the analysis of the effect of patent behaviour and firms' entry characteristics at IPO (time invariant covariates) on the risk of experiencing an event provides considerable insights but also has some limitations. A higher or lower risk is interpreted as relative and proportional to the hazard rate.

This means that the hazard rate is constant across time for some firms relative to others. However, the inclusion of time-variable parameters should lead to more complex modelling and interpretation. With time-variable parameters, the hazard risk is proportional across time until the covariate changes: as a consequence new insights can emerge concerning the nature of European software firms' survival. Thus, future research into European firms' survival should introduce time-variable covariates to analyse their impact on the hazard rate.

Appendix 1

Test to detect the correct model specification and proportionality assumption

First, we implement a test for proportional hazard through a nonzero slope in a generalized linear regression of the scaled Schoenfeld residuals on time. In this test the null hypotheses of zero slope is equivalent to testing that the log hazard-ratio is constant across time (Grambsch and Therneau, 1994). Table A presents the results for this test while considering competing risk specifications. For these model configurations, the PH assumption has been violated¹¹⁴. In the Cox proportional specification, DE (Germany) violates the PH assumption for acquired (First event) while EQUITY RATIO, Industry segments, VENTURE BACKED and SE (Sweden) also violate the PH assumption for failure (Second event). Then, it is quite reasonable to stratify both models by country covariates and SME and re-test the PH assumption. A second way to detect a violation of the proportional hazard assumption in the Cox model is to estimate separate Cox regression models for log-time interactions with each of the potentially non-proportional variables (see Table B). Through this test we confirm that is necessary to stratify both models by country covariates, assets and at least one patent application and re-test the PH assumption.

¹¹⁴ Covariate-specific tests shown in gray do not comply with the proportionality assumption at the 10% level.

Table A. First test of HP Assumption: nonzero slope of the scaled Schoenfeld residuals on time

VARIABLES	Days to exit ACQUIRED PH (Prob>chi2)		Days to exit FAILURE PH (Prob>chi2)	
	AT LEAST ONE PATENT APPLIC.	0.923 (0.273)	0.7883	0.765 (0.619)
PATENTAPPLIED	0.960* (0.0218)	0.5898	0.811 (0.317)	0.4524
SHARE OF PATENTS OBTAINED	1.365 (0.478)	0.2301	2.030 (1.913)	0.5200
FORWARD CITATIONS	1.004*** (0.00170)	0.5422	0.888 (0.0830)	0.7421
INTERNATIONAL APPL (PCT)	0.920 (0.0708)	0.8730	0.801 (0.517)	0.3131
EQUITY RATIO	1.012 (0.0295)	0.5473	0.999*** (0.000316)	0.0520
NEGATIVE EQUITY RATIO	2.136*** (0.596)	0.8056	0.602 (0.255)	0.6017
RETURN ON SALES RATIO	1.002 (0.00107)	0.6910	1.009 (0.00726)	0.5316
POSITIVE RETURN ON SALES RATIO	0.731** (0.108)	0.2868	0.514** (0.146)	0.2046
LOG (REVENUES)	0.936 (0.0482)	0.5349	1.035 (0.0968)	0.9437
LOG (ASSETS)	1.083 (0.0558)	0.8355	0.800*** (0.0680)	0.0905
SME (<10 M REVENUES) EMPLOYEES	0.645** (0.143)	0.1170	0.730 (0.288)	0.3747
AGE AT IPO	1.000 (4.25e-05)	0.1397	1.000 (0.000232)	0.8355
VENTURE BACKED	0.984* (0.00875)	0.3259	0.944** (0.0223)	0.3449
7372- Prepackaged Software	0.996 (0.222)	0.8674	0.982 (0.349)	0.0211
7373- Computer Integrated Systems Design	0.931 (0.310)	0.6321	1.077 (0.563)	0.0528
7374- Data Processing & Preparation	0.854 (0.224)	0.1652	1.172 (0.491)	0.0355
7375- Information Retrieval Services	0.821 (0.345)	0.7652	0.516 (0.516)	0.7218
7379- Computer Related Services	1.103 (0.205)	0.5207	1.464 (0.432)	0.5957
Burst	0.821 (0.205)	0.7387	0.629 (0.279)	0.2088
Recovery	0.542** (0.166)	0.8058	0.734 (0.234)	0.1705
DE	1.092 (0.247)	0.6693	0.922 (0.309)	0.5988
FR	0.865 (0.183)	0.0361	0.621 (0.221)	0.4720
SE	0.895 (0.179)	0.8765	0.556* (0.196)	0.5766
ITES	1.146 (0.292)	0.5107	0.362* (0.188)	0.0218
Firms	0.803 (0.209)	0.4279	0.332 (0.276)	0.7957
Exits	496		339	
Log likelihood	239		82	
Wald chi2	-1366		-417.0	
Time at risk	56.15		184.6	
GOBAL HP	1485337	0.5766	1167516	0.2115

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Notes: Covariate-specific tests shown in gray do not comply with the proportionality assumption at the 10% level.

Table B. Second test of Proportional Assumption: time-varying covariates

VARIABLES	ACQUIRED Days to exit		FAILURE Days to exit	
	main	Xi * ln(time)	main	Xi * ln(time)
AT LEAST ONE PATENT APPLIC.	0.638 (0.290)	1.000 (0.000140)	0.135 (0.173)	1.001** (0.000346)
PATENTAPPLIED	0.954* (0.0251)		0.778 (0.394)	
SHARE OF PATENTS OBTAINED	1.423 (0.526)		2.061 (2.048)	
FORWARD CITATIONS	1.005** (0.00214)		0.857 (0.101)	
INTERNATIONAL APPL (PCT)	0.916 (0.0758)		0.892 (0.630)	
EQUITY RATIO	1.009 (0.0289)		0.999*** (0.000348)	
NEGATIVE EQUITY RATIO	2.029** (0.574)		0.569 (0.249)	
RETURN ON SALES RATIO	1.002 (0.00105)		1.008 (0.00707)	
POSITIVE RETURN ON SALES RATIO	0.727** (0.109)		0.507** (0.144)	
LOG (REVENUES)	0.940 (0.0474)		1.021 (0.0989)	
LOG (ASSETS)	1.020 (0.343)	1.000* (0.000128)	0.571 (0.332)	1.000 (0.000219)
SME (<10 M REVENUES)	1.081 (0.0559)		0.800*** (0.0690)	
EMPLOYEES	1.000 (4.92e-05)		1.000 (0.000226)	
AGE AT IPO	0.985* (0.00878)		0.943*** (0.0209)	
VENTURE BACKED	0.987 (0.223)		0.982 (0.354)	
7372- Prepackaged Software	0.961 (0.327)		1.110 (0.565)	
7373- Computer Integrated Systems Desig	0.862 (0.227)		1.230 (0.531)	
7374- Data Processing & Preparation	0.783 (0.336)		0.510 (0.509)	
7375- Information Retrieval Services	1.131 (0.212)		1.469 (0.428)	
7379- Computer Related Services	0.810 (0.207)		0.616 (0.282)	
Burst	0.550* (0.170)		0.736 (0.235)	
Recovery	1.103 (0.250)		0.958 (0.323)	
DE	1.447 (0.515)	1.000* (0.000159)	1.187 (0.724)	0.999 (0.000302)
FR	0.730 (0.286)	1.000 (0.000165)	0.534 (0.413)	1.000 (0.000336)
SE	1.146 (0.540)	1.000 (0.000204)	0.0613** (0.0752)	1.001 (0.000522)
ITES	0.428 (0.232)	1.000 (0.000216)	0.434 (0.448)	0.999 (0.000392)
Firms	496		339	
Exits	239		82	
Log likelihood	-1359	-1359	-413.0	-412.9
Wald chi2	67.01	67.01	209.7	209.0
Time at risk	1485337		1167516	

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

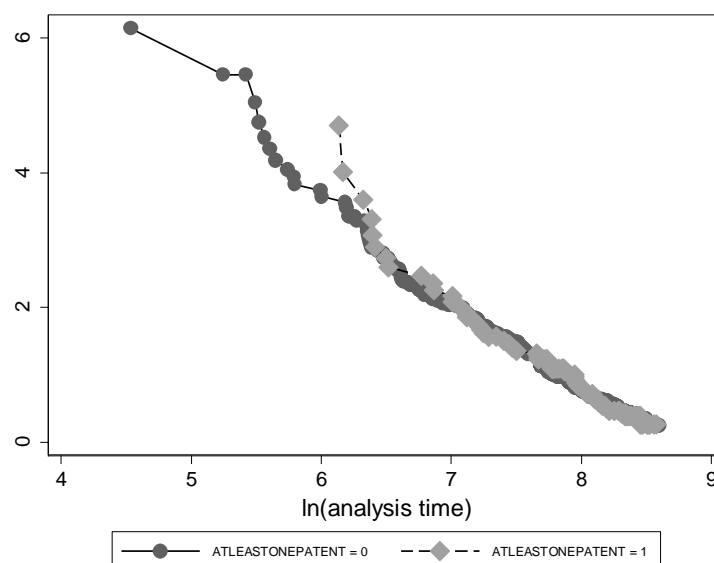
Notes: Covariate-specific tests shown in gray do not comply with the proportionality assumption at the 10% level

Finally, we evaluate the validity of the HP assumption through examination of graphical plots. Here, we observe whether the HP assumption holds for patenting versus not patenting (Figures 1 and 2) and for SME (<10 M REVENUES) (Figure 3 and 4). The left part of the figure shows the graph of the log (-log(survival)) versus the log of survival time. These graphics are often referred to as “log–log” plots. If the plotted lines are “reasonably parallel”, the proportional-hazards assumption has not been violated. Additionally, the right-hand part of the figure shows Kaplan–Meier observed survival curves and compares them with the Cox predicted curves for the analysed covariate. For these plots, when the predicted and observed curves are close together, the proportional-hazards assumption has not been violated. The different graphs show that the variable AT LEAST ONE PATENT APPLICATION and SME seem to slightly violate the proportional-hazards assumption. One hazard ratio describing the effect of these covariates would be inappropriate. We would definitely want to stratify on these variables in our Cox model.

Graphically assess proportional-hazards assumption

Figure 1

At least one patent application versus zero patents (days to acquired)



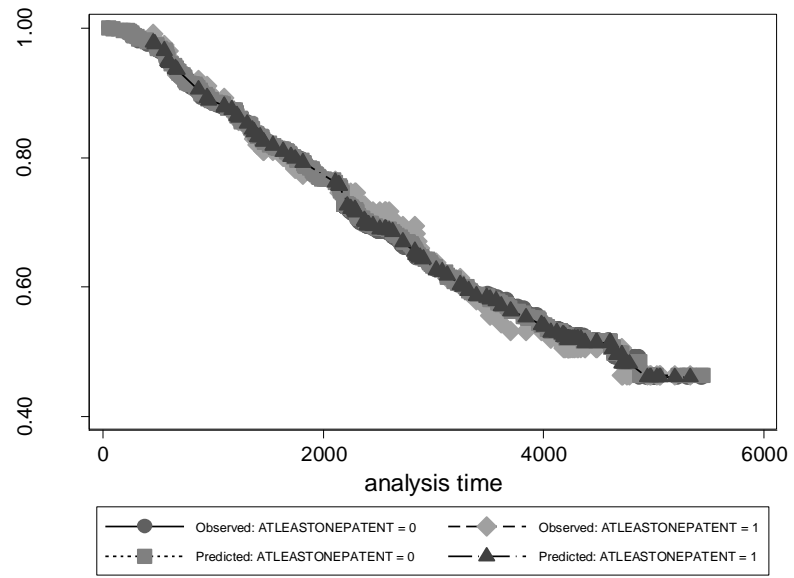
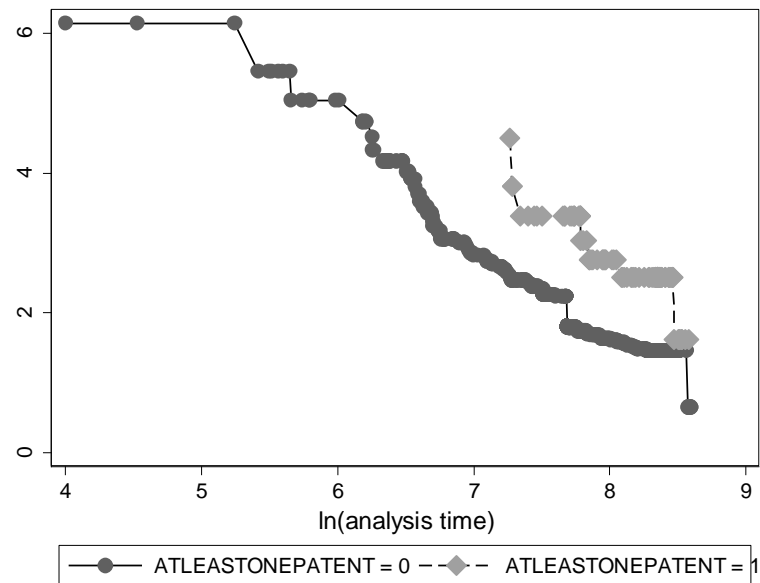


Figure 2

At least one patent application versus zero patents (days to failure)



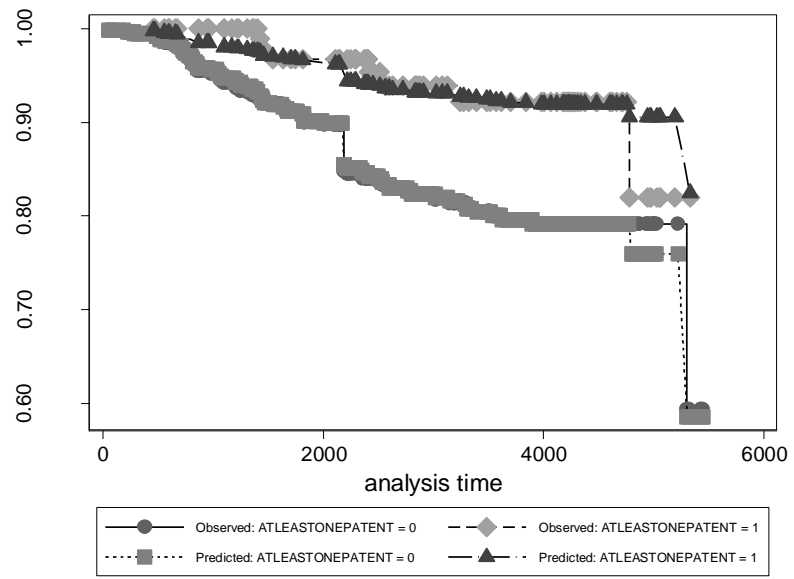
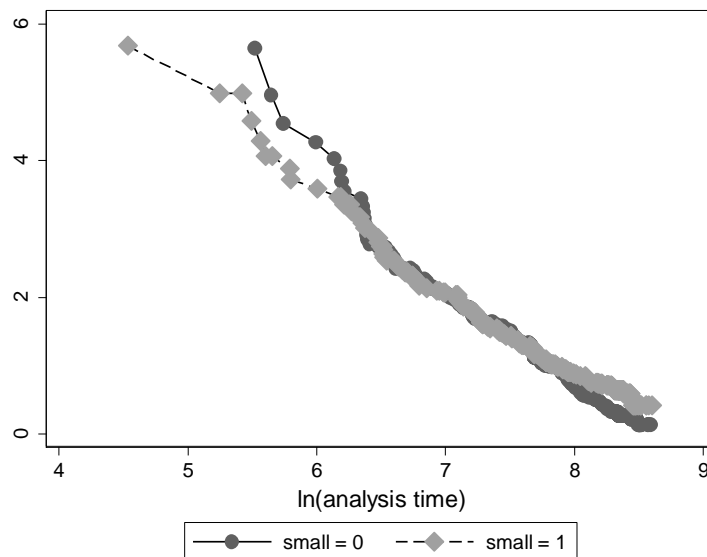


Figure 3

SME software company versus big company (days to acquired)



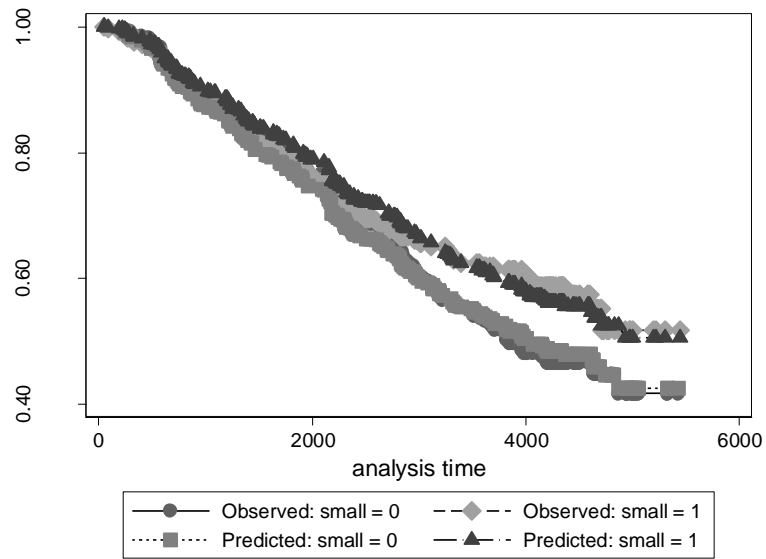
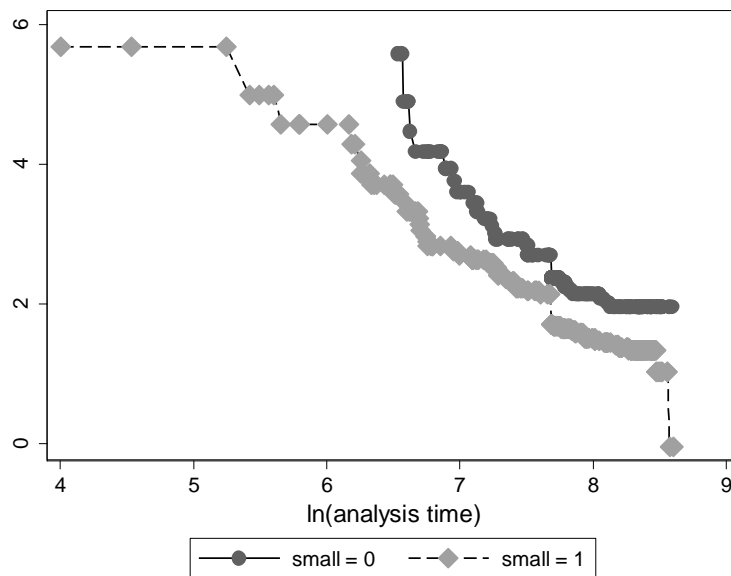
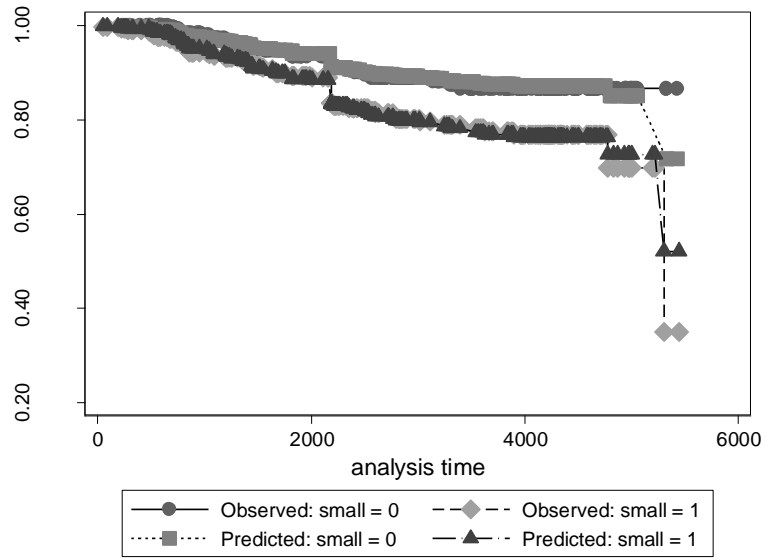


Figure 4

SME software company versus big company (time to failure)





Appendix 2

Table 6. Results from a competing-stratified Cox model Regression

VARIABLES	Days to exit	
	ACQUIRED	FAILURE
PATENTAPPLIED	0.946** (0.0265)	0.489** (0.176)
SHARE OF PATENTS OBTAINED	1.544 (0.626)	1.945 (1.664)
FORWARD CITATIONS	1.006*** (0.00188)	0.826* (0.0944)
INTERNATIONAL APPL (PCT)	0.921 (0.0949)	1.483 (0.759)
EQUITY RATIO	1.012 (0.0297)	0.999* (0.000345)
NEGATIVE EQUITY RATIO	1.864** (0.536)	0.570 (0.270)
RETURN ON SALES RATIO	1.001 (0.00101)	1.008 (0.0105)
POSITIVE RETURN ON SALES RATIO	0.750* (0.110)	0.493** (0.139)
LOG (REVENUES)	0.924* (0.0438)	0.977 (0.0964)
LOG (ASSETS)	1.078 (0.0560)	0.791*** (0.0699)
EMPLOYEES	0.999 (3.24e-05)	0.999 (0.000184)
AGE AT IPO	0.981** (0.00902)	0.933*** (0.0234)
VENTURE BACKED	0.983 (0.220)	0.995 (0.344)
7372- Prepackaged Software	0.969 (0.331)	0.817 (0.461)
7373- Computer Integrated Systems Design	0.842 (0.224)	1.105 (0.494)
7374- Data Processing & Preparation	0.780 (0.342)	0.397 (0.398)
7375- Information Retrieval Services	1.145 (0.214)	1.364 (0.376)
7379- Computer Related Services	0.877 (0.205)	0.613 (0.270)
Burst	0.581* (0.175)	0.748 (0.222)
Recovery	1.149 (0.265)	1.058 (0.359)
Firms	578	578,00
Exits	239	82
Log likelihood	-730.3	-248.5
Wald chi2	51.43	83.01
Time at risk	1633767	1633767
Test of proportional-hazards assumption	0.9958	0.8682

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Notes: Results are competing-stratified Cox proportional estimates where the Efron method was employed for handling ties. All models were stratified by country, at least one patent application, SME and the competing risk.

Acknowledgements

Previous drafts of this paper has benefited from helpful discussion and comments of colleagues at MINES PARISTECH, University of Bordeaux and DRUID 2013 Conference. I would like to thank Valerio Sterzi for his econometric support and for his valuable comments. Special thanks also go to Laurent Berger, Philippe Gorry, Yann Ménière, Julien Pénin, Ammon Salter and Sébastien Rouillon and the anonymous reviewers of *Industry and Innovation* for their helpful comments and suggestions to improve previous drafts of this paper. Financial support from GREThA-CNRS Bordeaux is gratefully acknowledged. All errors are mine.

Conclusions de la partie 2

Dans la première partie de cette thèse, nous avons analysé le rôle de deux des institutions structurant l'industrie du logiciel : le droit de propriété intellectuelle (DPI) et les institutions financières (venture capital et marché financier). On s'est intéressé à mettre en évidence qu'il existe d'importantes différences dans la forme prise par ces institutions aux Etats-Unis et en Europe ainsi que leurs différences ont un impact dans la forme, la structure et la performance des industries de logiciels. Par ailleurs, une analyse institutionnaliste a été menée sur la base d'une définition de complémentarité institutionnelle au niveau de secteur afin de comprendre l'effet conjoint des deux des institutions sur les firmes du secteur. Nous nous sommes intéressés tout particulièrement au Droit de Propriété Intellectuelle (à travers le brevet) et aux modes de financement (à travers le capital-risque et l'introduction dans les marchés financiers). Sur la base de ces considérations, dans la seconde partie nous avons testé économétriquement l'impact de l'usage du brevet (un des structures de protection de la propriété intellectuelle) sur la performance des firmes du logiciel.

Partant de ce constat, dans le troisième chapitre nous avons analysé le rôle du brevet et du capital-risque comme signal pour les investisseurs au moment de l'introduction en bourse au Etats-Unis et en Europe. On s'est intéressé à observer si des marchés de croissance (NASDAQ, AIM, Neuer Markt, Nouveau marché, etc) qui sont par nature hétérogènes fournissent différentes incitations aux firmes du logiciel à déposer des brevets avant leur introduction en bourse. De ce fait, notre analyse a mis en lumière les différences dans la valeur du brevet comme signal pour réduire les asymétries d'information des investisseurs lors de l'introduction en bourse. Le nombre d'applications a un impact dans le montant collecté en bourse (la « prime » monétaire pour un brevet additionnel dans le portefeuille).

Nos résultats reflètent que les investisseurs lors de l'introduction en bourse (observateurs non informés) considèrent les brevets comme des signaux aux Etats-Unis mais aussi en Europe. Nos résultats appuient l'idée que la valeur des brevets est un signal pour les investisseurs qui peut être modifié par le dépôt de brevet

stratégique des firmes du logiciel. Le dépôt de brevet stratégique consisté à augmenter le nombre des demandes de brevet avant introduction en bourse afin d'augmenter le montant de liquidités (attendu) au moment de l'introduction en bourse. Dans ce contexte, un système de brevets plus exigeant peut décourager ce comportement et augmenter la crédibilité des brevets comme des signaux et leur valeur pour les investisseurs lors de l'introduction en bourse.

Dans notre prise en compte du processus d'endogénéité, nos résultats suggèrent qu'il existe bien un processus d'auto-sélection lié au choix de déposer au moins un brevet avant l'introduction en bourse. En effet, les firmes peuvent choisir de déposer des brevets avant l'introduction en bourse afin d'augmenter le montant des liquidités (prévu) au moment de l'introduction sur les marchés financiers. Nos résultats suggèrent également qu'un système de brevets moins contraignant est plus propice à l'émergence des comportements stratégiques qui consistent à multiplier le nombre de brevets déposés avant moment de l'introduction en bourse afin d'augmenter le montant de ressources attendu lors de l'introduction. De cette façon, le nombre de brevets déposés aux Etats-Unis est endogène au montant collecté lors de l'introduction en bourse. Au contraire, un système de brevets plus contraignant peut décourager ce comportement favorisant ainsi la crédibilité du brevet comme mécanisme de sélection. Ainsi, le nombre de brevets déposés en Europe est exogène au montant collecté lors de l'introduction en bourse. En termes de complémentarité entre les institutions, notre analyse a mis en lumière que les croyances sur « la valeur » du brevet guident le comportement des acteurs (firmes et investisseurs) et permettent que la présence d'une institution (le dépôt de brevet) renforce le fonctionnement et l'usage d'une autre institution (les marchés d'introduction en bourse à travers la réduction des asymétries d'information).

D'autre part, le chapitre 4 nous a permis de vérifier une autre forme de complémentarité entre le système de brevet et les marchés financiers. Nous avons testé l'impact du nombre de brevets déposés sur la survie de firmes sur les marchés financiers en Europe. En effet, avec l'émergence des marchés financiers à croissance en Europe au milieu des années 90s, des nombreuses sociétés d'haute technologie se

sont introduit dans ces marchés afin d'accélérer leur croissance à travers la collecte des fonds qui lui permettrait d'augmenter ses capacités novatrices, sa croissance externe, attirer de nouvelles ressources, etc. Cependant, l'introduction en bourse est aussi liée à des nouvelles contraintes et risques qui pourraient affecter l'activité novatrice, l'organisation et la survie de la firme. La survie des firmes est une mesure de performance de la firme qui n'est pas ambiguë. En effet, la survie est une condition nécessaire pour le développement et la croissance d'une firme.

Dans notre analyse, nous avons mobilisé un modèle à risque proportionnel qui prend en compte que les firmes après leur introduction en bourse sont confrontées à deux types de risque- le risque de faillite et le risque de rachat. Nos résultats suggèrent que les brevets sont des actifs stratégiques car ils réduisent le risque de faillite et le risque de rachat. La valeur du brevet peut être associée à un avantage concurrentiel pour les propriétaires des brevets qui se traduit dans une probabilité plus importante d'opérer efficacement dans le marché financier. Pour ce raison, le jeu d'interactions entre DPI et structures financières serait favorable à la survie des firmes qui est une condition nécessaire à leur croissance. Cependant, les firmes du logiciel détenant des brevets sur des technologies clés (ou de qualité) sont des cibles plus attractives pour le rachat. On argumente que dans des technologies complexes, la valeur du brevet et son usage stratégique (offensif et défensif) est un facteur susceptible de rendre les firmes détenant des brevets de qualité des cibles de rachat privilégiées. Le brevet faciliterait l'identification des sociétés détenant des technologies clés et serait lui-même un facteur attirant les firmes qui utilisent le brevet stratégiquement. Il semblerait que sont les firmes américaines celles qui sont le plus intéressées à s'emparer des sociétés européennes possédant des brevets de qualité dans leur portefeuille. Pour ce raison, le jeu d'interactions entre les DPI et les structures financières permettrait à certains acteurs de conserver le leadership et la domination du secteur (performance des grands acteurs). Les firmes intéressées dans la construction d'un portefeuille de brevets voient leur capacité d'acquisition des technologies accrue avec l'introduction en bourse des sociétés en croissance avec des nouvelles technologies protégées par des brevets.

Conclusion Générale

Cette thèse souhaitait analyser le rôle du DPI (particulièrement le brevet) et de la finance (capital-risque et introduction en bourse) dans l'organisation du secteur de logiciels aux Etats-Unis et en Europe. Il est pertinent de mobiliser le concept de complémentarité institutionnelle au niveau du secteur dans le but d'étudier l'organisation et la performance de l'industrie du logiciel. Ce travail visait aussi à offrir une réponse empirique et analytique au problème politique posé par V. Reding : l'Europe peut-elle favoriser l'émergence des leaders mondiaux en imitant le modèle américain ? Nous présentons donc nos principaux résultats, avant de commenter leurs limites, et de présenter les perspectives de recherche que nous souhaitons suivre pour prolonger ce travail.

Principaux enseignements de la thèse

Ils sont de différentes natures.

Les précisions d'ordre sémantique et méthodologique.

Nous avons tout d'abord précisé les termes dans lesquels le débat se doit d'être posé : le bien logiciel mérite une analyse particulière du fait de sa complexité comme un objet technique et comme un bien économique particulier. Les spécificités de logiciels ont des implications concernant les types des DPI et les modes de financement adaptés aux firmes.

Nous avons également « déconstruit » partiellement le mythe de la supériorité américaine dans l'industrie du logiciel. L'industrie du logiciel est caractérisée par une forte hétérogénéité intra-industrielle dans laquelle l'Europe possède de solides atouts dans certains domaines du logiciel. De plus, il y a de multiples opportunités

émergentes dans le cadre d'une industrie en permanente transformation et dans laquelle la domination dans de nombreux domaines n'est pas encore achevée.

La forme des DPI et de la finance influencent la stratégie et la performance des firmes du logiciel aux Etats-Unis et en Europe. On le voit par les transformations réglementaires concernant la propriété intellectuelle et tout particulièrement l'émergence du brevet logiciel aux Etats-Unis, largement adopté par les principales firmes ainsi que par de nombreuses sociétés en croissance. Nous avons montré qu'il est possible qu'un logiciel puisse faire l'objet d'un brevet en Europe. Pour cela, nous avons examiné les mutations réglementaires qui ont ouvert la voie à un certain type de brevetabilité « très restreint » du logiciel en Europe. Par ailleurs, nous avons porté attention aux arguments courants sur les l'effet potentiellement négatif du brevet sur l'innovation dans le secteur pour ensuite comprendre son utilisation comme un actif stratégique. L'utilisation stratégique des brevets dans les technologies cumulatives et incrémentales comme le logiciel peut prendre différentes formes : par exemple, bloquer ses concurrents, gagner du pouvoir de négociation avec d'autres acteurs du marché, favoriser les licences croisées et empêcher la firme de se voir bloquée par un concurrent (le dépôt de brevet défensif). Ainsi ces dernières années, la valeur stratégique des brevets semble avoir augmenté car il existe une multiplication des brevets fragmentés appelés « *patent tickets* ». Cette explosion dans le nombre des brevets est associée à une incrémentation du risque juridique qui gêne les activités de Recherche et Développement (R&D) des firmes car la fragmentation des IP oblige les firmes à demander des licences de technologies complémentaires (Hall et Ziedonis, 2001; Noel et Schankerman, 2006). Le dépôt de brevet fait par les firmes du logiciel ne se limite pas aux brevets logiciels mais à plusieurs types de découvertes qui émergent dans des processus d'innovation complexes avec autres firmes, clients et fournisseurs dans plusieurs segments dans lesquelles les firmes du logiciel opèrent. Cependant, en comparaison avec les Etats-Unis, l'obtention d'un brevet semblerait plus difficile en Europe.

En ce qui concerne la forme prise par les structures financières, on a constaté la difficulté des start-up à attirer des financeurs extérieurs ainsi qu'au rôle historique

du financement public, des capital-risqueurs et des marchés financiers pour dynamiser l'industrie. On a vu l'importance de capital-risque et des marchés financiers dans l'émergence et la consolidation d'une industrie très dynamique aux Etats-Unis. Par ailleurs, on a noté le développement progressif des capital-risqueurs en Europe : ce dernier a été accompagné de l'émergence des « *nouveaux marchés* » dans les principales places financières en Europe (le *nouveau marché* à Paris en 1996, le *neumark* à Frankfurt en 1997, le *teckmark* ou l'*Alternative Investment Market (AIM)* en 1995 à Londres, entre autres). L'émergence de ces nouveaux marchés technologiques en Europe a été largement inspirée du NASDAQ. Ils ont permis une accélération du cycle de financement des start-up avant qu'elles n'atteignent leur seuil de rentabilité.

Malgré la mise en place des processus ou des politiques en Europe cherchant à imiter ou à se rapprocher du modèle américain, le droit de propriété intellectuelle et les structures financières ne sont pas homogènes entre les pays et la différence dans la forme prise par ces institutions a un impact différencié dans les performances des industries.

Il était essentiel d'analyser l'effet des interactions entre ces deux institutions sur le comportement et les performances des firmes. Nous avons donc montré le rôle du jeu d'interactions entre les DPI et les marchés financiers dans la consolidation d'une industrie très dynamique aux Etat Unis (Coriat et Orsi, 2003). Notre attention s'est particulièrement focalisée sur la notion de CI au niveau du secteur. Il apparait que le rôle des « croyances partagées » des acteurs qui favorise la complémentarité entre ces deux institutions, est déterminant. La base de cette complémentarité réside d'une part, dans les fortes asymétries d'informations auxquelles sont confrontées les investisseurs et d'autre part, aux retombées d'informations qui découlent de l'utilisation du brevet. Les investisseurs considèrent que la protection des brevets est un outil qui pourrait fournir une différenciation durable aux firmes et par conséquent, ils leurs fourniraient un signal sur les meilleurs investissements potentiels. Les croyances sur la valeur du brevet orienteraient les investisseurs à faire leur choix d'investissement et les responsables des stratégies technologiques des start-up

chercheraient, à travers les brevets, à attirer de nouvelles ressources. Ainsi, les interactions entre ces deux institutions favorisent le renforcement de la capacité novatrice de certaines firmes du secteur (acteurs gagnants) aux Etats-Unis mais aussi en Europe. En effet, les interactions entre ces deux institutions laissent des opportunités ouvertes à certaines firmes européennes capables d'adapter leur stratégie et de tirer profit de cette complémentarité. Ainsi, on a observé une tendance croissante à déposer des brevets avant l'introduction en bourse en Europe et aux Etats-Unis, principalement des firmes qui auparavant avaient été financées par les capital-risqueurs.

Le rôle du brevet comme signal pour les investisseurs au moment de l'introduction en bourse.

Une analyse comparative du rôle du brevet dans la réduction des asymétries d'information aux investisseurs au moment de l'introduction en bourse de firmes du logiciel aux Etats-Unis et en Europe a été menée. Elle permet de mieux comprendre le rôle des institutions dans l'organisation du secteur : nos résultats montrent que des marchés de croissance (NASDAQ, AIM, Neuer Markt, Nouveau marché, etc) par nature hétérogènes, fournissent différentes incitations aux firmes du logiciel afin de déposer des brevets avant leur introduction en bourse. Les investisseurs lors de l'introduction en bourse considèrent les brevets comme des signaux aux Etats-Unis mais aussi en Europe. Il est souligné que la valeur des brevets est un signal pour les investisseurs qui peut être modifiée par le dépôt de brevet stratégique des firmes du logiciel. Le dépôt de brevet stratégique consiste à augmenter le nombre des demandes de brevet avant introduction en bourse afin d'augmenter le montant d'argent (attendu) au moment de l'introduction en bourse. Dans ce contexte, un système de brevets plus exigeant peut décourager ce comportement et augmenter la crédibilité des brevets comme des signaux et leur valeur pour les investisseurs lors de l'introduction en bourse. Les résultats de notre recherche sont conformes à l'idée selon laquelle le degré d'importance d'un signal change entre les Etats-Unis et en Europe et il est lié à la rareté du signal et de la difficulté d'avoir accès à ce signal. Ainsi, l'analyse indique que les entreprises innovantes qui appliquent plus de brevets

lèvent beaucoup plus de ressources lors de leurs introductions en bourse. Notre analyse suggère aussi qu'il y a bien un processus d'auto-sélection lié à la décision de déposer des brevets avant de s'introduire en bourse. Les firmes peuvent choisir de déposer des brevets avant l'introduction en bourse afin d'augmenter le montant des liquidités (prévu) au moment de l'introduction sur les marchés financiers. Il apparaît qu'un système de brevets moins contraignant est plus propice à l'émergence des comportements stratégiques qui consistent à multiplier le nombre de brevets déposés avant le moment de l'introduction en bourse afin d'augmenter les sommes d'argent attendues lors de l'introduction. De cette façon, le nombre de brevets déposés aux Etats-Unis est déterminé simultanément au montant collecté lors de l'introduction en bourse. Au contraire, un système de brevets plus contraignant peut décourager ce comportement favorisant ainsi la crédibilité du brevet comme mécanisme de sélection.

Cette comparaison internationale nous a permis de prendre en compte que les différences dans l'architecture institutionnelle des systèmes de brevets et la façon dont les firmes les utilisent, a un impact sur certaines performances des firmes. En termes de complémentarité entre les institutions, notre argument principal est que les croyances sur la valeur du brevet guideraient le comportement des acteurs (firmes et investisseurs) et permettraient que le dépôt de brevet favorise l'évaluation des firmes lors de l'introduction en bourse (renforcement du fonctionnement et de l'usage d'une mode de financement). Par ailleurs, l'usage stratégique du brevet pour attirer des ressources externes à la firme permet une certaine forme de validation sur leur utilisation dans un secteur dans lequel la multiplication des brevets est très contestée car elle peut poser de sérieux problèmes à l'innovation dans le secteur. En outre, le système des brevets européen, plus contraignant et exigeant, permet d'augmenter la crédibilité des brevets comme des signaux et leur valeur pour les investisseurs lors de l'introduction en bourse. Cependant, il semblerait que les firmes américaines profitent davantage des brevets pour attirer des financeurs externes. La multiplication de brevets avant l'introduction en bourse et la perte de valeur du brevet en tant que signal aux Etats-Unis renforcent l'idée qu'il n'existe pas d'optimalité dans les

arrangements institutionnels. Par ailleurs, le seul rôle de certification du brevet ne permet pas valider l'idée d'un effet positif du brevet dans l'industrie du logiciel.

Le brevet, facteur de survie

Une autre forme de complémentarité entre le système de brevet et les marchés financiers a été observée lorsque nous avons testé l'impact du brevet sur la survie des firmes du logiciel sur les marchés financiers en Europe. La survie est une mesure de performance de la firme, elle est une condition nécessaire pour son développement et sa croissance.

Nos résultats suggèrent que les brevets sont des actifs stratégiques car ils réduisent le risque de faillite et le risque de rachat. Ainsi, la valeur du brevet peut être associée à un avantage concurrentiel pour les propriétaires des brevets qui se traduit dans une probabilité plus importante d'opérer efficacement dans le marché financier. A l'opposé, les firmes du logiciel possédant des brevets sur des technologies clés (ou de qualité) sont des cibles plus attractives pour le rachat. Dans des technologies complexes, l'usage stratégique (offensif et défensif) du brevet fournit les incitations nécessaires à faire des firmes possédant des brevets de qualité des cibles de rachat privilégiées. Le brevet faciliterait l'identification des sociétés détenant des technologies clés et serait lui-même un instrument qui attire les firmes qui utilisent le brevet stratégiquement. La détention de brevets de qualité par les firmes européennes favorise leur rachat par les firmes américaines.

Ainsi, le jeu d'interactions entre DPI et structures financières serait favorable à la survie des firmes. Cependant, le jeu d'interactions entre les DPI et les structures financières permettrait à certains acteurs dominants de conserver leur leadership et leur domination du secteur. Les firmes intéressées dans la construction d'un portefeuille de brevets voient leur capacité d'acquisition des technologies accrue avec l'introduction en bourse des sociétés en croissance avec des nouvelles technologies protégées par des brevets.

Au niveau politique, le rapprochement de l'Europe avec les Etats-Unis dans la forme des DPI et la finance présente des résultats contrastés :

Le dépôt des brevets semble favoriser le financement par les marchés des firmes du logiciel. Il faudrait donc clarifier la législation en matière de brevetabilité en Europe pour favoriser l'accès aux brevets des firmes dont leur *business model* y est favorable afin de favoriser leur financement par le capital-risque et l'introduction en bourse. Cependant, un système de brevet trop souple comme dans le système américain semble être associé à une plus faible valeur du brevet dans la réduction des asymétries d'information des investisseurs.

Le dépôt des brevets avant l'introduction en bourse paraît être favorable à la survie des firmes européennes du logiciel sur les marchés financiers. Or, les firmes du logiciel détenant des brevets sur des technologies clés (ou de qualité) sont des cibles plus attractives pour le rachat. Le brevet faciliterait l'identification des sociétés détenant des technologies-clés et serait lui-même un instrument qui attire les firmes qui utilisent le brevet : les firmes américaines sont celles qui sont le plus intéressées à s'emparer des sociétés européennes possédant des brevets de qualité dans leur portefeuille. Le brevet favoriserait donc l'identification des acteurs émergents détenant des technologies-clés. Dans ce sens, le brevet serait favorable aux entrepreneurs qui souhaitent vendre leurs technologies. Néanmoins, ce phénomène peut renforcer la « domination » américaine et ralentir la consolidation d'une industrie européenne de logiciel.

La « voie américaine » relative à un accès plus favorable au brevet et une disponibilité plus importante de ressources financières par le marché du capital-risque et l'introduction en bourse, peut avoir des résultats contrastés en Europe : cette transformation pourrait favoriser la croissance de certains acteurs européens (ceux qui adaptent leurs stratégies) mais elle risquerait de renforcer la domination américaine.

Une analyse approfondie mérite d'être élaborée en ce qui concerne le logiciel libre et les modèles hybrides comme alternative en Europe car aujourd'hui les firmes américaines semblent fortement positionnées dans ces domaines.

La reconnaissance de certaines limites

Tout au long de cette thèse, nous avons été confrontés à des nombreux obstacles. L'analyse du logiciel et ses industries est un défi méthodologique et analytique pour plusieurs raisons qu'on a résumé en 2 points principaux : l'impossibilité à cerner le secteur du logiciel et l'absence des données fiables. Le secteur du logiciel est difficile à identifier et ses frontières sont floues par rapport à d'autres secteurs. Ce phénomène se voit renforcé car les technologies logicielles sont en constante évolution et il y a une émergence permanente des nouveaux « sous-segments logiciels » ce qui ne permet pas une identification claire du secteur à un moment donné et encore moins dans le long terme. Cette caractéristique explique en partie l'hétérogénéité de la définition du secteur dans les différentes nomenclatures nationales. Par ailleurs, deux parties affectant la dynamique des secteurs logiciels sont rarement mesurées et prises en compte dans l'analyse du secteur du logiciel : le logiciel embarqué et les logiciels libres. Ainsi, la difficulté à mesurer certains marchés logiciels tient au fait qu'il n'existe pas de données fiables, voire des proxy pour certains types de produits et segments logiciels. Selon Parker et Grimm (2000) et Grimm *et al.*, (2002), une part non négligeable des logiciels produits est développée par les différents utilisateurs pour leurs propres besoins. La diversité du secteur, nous a obligé à relativiser toute conclusion concernant les firmes du logiciel. Il faut être prudent quant à des généralisations sur le comportement des firmes et il faut commenter avec prudence les différents résultats obtenus dans notre étude et dans la littérature.

L'absence des données fiables et de qualité est aussi une importante limite dans la plupart des études empiriques y compris dans les nôtres (chapitres 3 et 4). L'absence de certaines variables explicatives (variables omises) peuvent introduire des problèmes d'endogénéité qui biaisent les estimateurs. On a abordé ces problèmes

avec un modèle de Heckman et des variables instrumentales. Cependant, deux difficultés majeures émergent : il est très difficile de trouver des variables instrumentales de qualité et il n'existe pas de variables instrumentales pour certaines variables potentiellement omises. Nous avons profité des différences entre les pays d'introduction en bourse pour construire nos instruments ainsi que du fait que les investisseurs semblent peu intéressés par l'expérience novatrice de la firme alors qu'ils le sont plus par les brevets récemment déposés. Il serait souhaitable d'introduire d'autres variables instrumentales au niveau de technologie de la firme. Dans les deux analyses réalisées, il serait aussi souhaitable de pouvoir introduire des variables concernant l'expérience de managers, l'endettement de court et long terme de la société, l'accès à d'autres sources de financement, l'utilisation d'autres moyens de protection de la propriété intellectuelle, entre autres. En outre, dans l'analyse de survie des firmes du logiciel, il serait intéressant d'introduire des variables qui changent dans le temps entre l'introduction de bourse des sociétés et leur sortie du marché. L'introduction de ces variables pourrait nous donner des nouvelles perspectives de recherche et plus de robustesse à nos résultats.

Concernant l'analyse des institutions et leurs complémentarités, nous avons montré comment opèrent les complémentarités institutionnelles entre DPI et Finance aux Etats-Unis et en Europe. De plus, nous avons intégré une partie de l'hétérogénéité intra-industrielle. Nonobstant, notre analyse est aussi confrontée à une perte analytique importante car il est très difficile d'intégrer la diversité européenne et la forte hétérogénéité intra-industrielle. Nous avons limité notre étude à l'analyse entre les brevets et le capital risque et l'introduction en bourse. Or, il peut être envisagé d'autres complémentarités entre les DPI et la finance, par exemple entre le logiciel libre et le financement hors marché (ou le financement public).

Perspectives de recherche

Plusieurs des limites signalées restent des défis dans notre analyse. Par exemple, on pourrait croiser notre base de données avec d'autres bases de données pour les marques (trademarks) ou les publications scientifiques. On pourrait aussi

enrichir notre base de données à travers une recherche sur le web firme par firme sur l'utilisation des logiciels libres ou la participation dans des projets Open Source. Il serait aussi intéressant de mener une analyse approfondie sur la diversité intra-européenne, entre l'Allemagne et la France, ou la France et le Royaume Uni, par exemple.

Plusieurs de nos résultats mériteraient des approfondissements. En ce qui concerne la différence dans la valeur de capital-risque comme signal entre les Etats-Unis et l'Europe, il serait intéressant de mener une analyse permettant d'introduire des variables cherchant à faire la différence entre la qualité des capital-risqueurs, leur expérience et leur prestige. L'analyse plus détaillée sur le rôle du capital-risque dans la performance des firmes permettrait de mieux comprendre pourquoi il semblerait qu'en Europe, le financement par capital-risque avant l'introduction en bourse n'a pas un impact positif significatif sur la survie des firmes après leur introduction. On pourrait aussi comparer les capital-risqueurs américains vis-à-vis des capital-risqueurs européens en ce que concerne leur apport non-financier aux sociétés soutenues et son impact dans leurs performances (en termes de survie, d'innovation, etc.).

Dans nos recherches futures, on envisage également de faire des analyses comparatives entre industries. Les firmes de biotechnologies, les télécommunications, les nanotechnologies, parmi les secteurs émergents, sont confrontées à la difficulté à attirer des financeurs externes et plus généralement les ressources nécessaires pour leurs processus novateurs et leur pérennité. Les futures recherches doivent mettre en évidence les différences du brevet (et autres mécanismes de propriété intellectuelle) comme des instruments de certification des firmes. Ainsi on pourrait mieux comprendre le rôle des institutions dans l'organisation des secteurs et leurs différences.

Des enjeux théoriques demeurent importants. Ainsi, des recherches futures devraient développer l'analyse du rôle des croyances partagées dans l'émergence et la construction des marchés. On peut aussi explorer de façon approfondie d'autres

complémentarités entre les DPI et financement des firmes hautement risquées. Un point fondamental peu exploré dans cette thèse, est l'importance du risque pris par le financement public. Des recherches futures devraient étudier le rôle du financement public des technologies hautement risquées. La complémentarité entre les brevets et les structures financières doit être aussi analysée en interaction avec d'autres institutions (système éducatif, la forme de la concurrence, etc.) afin de mieux comprendre les différences dans l'organisation et les performances des firmes du logiciel. Ces objectifs ambitieux sont cependant confrontés à la difficulté majeure qui tient aux changements importants rapides dans les domaines que sont les nôtres.

Bibliographie

Agarwal, R. and Audretsch, D.B. (2001), « Does Entry Size Matter? The Impact of the Life Cycle and Technology on Firm Survival », *Journal of Industrial Economics*, 49, 21-43.

Agarwal, R., Gort, M., (2002), « Firm and Product Life Cycles and Firm Survival, » *American Economic Review (Papers and Proceedings)* 92 (May), 184-190.

Akerlof, G. A. (1970), « The market for lemons: Quality uncertainty and the market mechanism, » *Quart. J. Econom.* 84 488–500.

Allison, J.R. K.A. Moore, and R. Derek Trunkey, (2003), «Valuable Patents, » *George Mason Law and Economics Research Paper No. 03-31.*

Allaire G. (2002), « L'économie de la qualité, en ses secteurs, ses territoires et ses mythes, » in *Géographie, Economie, Société*, n°2, vol.4, 155-180.

Ahmad, N. (2003), « Measuring Investments in Software, » *OECD Directorate for Science, Technology and Industry Working Paper 2003/6*, OECD, Paris, disponible sur www.oecd.org/sti/working-papers.

Amable, Barré et Boyer, (1997), « Les systèmes d'innovation à l'ère de la globalisation », Paris, Economica.

Amable B., (2000), « Institutional complementarity and diversity of social systems of innovation and production, » *Review of International Political Economy*. WZB Discussion paper version.

Amable B., (2001), « Les système d'innovation », contribution à l'encyclopédie de l'innovation dirigée par Philippe Mustar et Hervé Penan.

Amable, Ernst et Palombarini, (2002), « Comment les marchés financiers peuvent-ils affecter les relations industrielles ? Une approche par la complémentarité institutionnelle, » *L'Année de la régulation*, n° 6.

Ambrose, B., Megginson, W., (1992), « The Role of Asset Structure, Ownership Structure, and Takeover Defences in Determining Acquisition Likelihood, » *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 27, pp. 575-89.

Aoki M. (2001), « Towards a Comparative Institutional Analysis, » Cambridge, The MIT Press, traduction française: *Fondements d'une analyse institutionnelle comparée*, Paris, Albin Michel, 2006.

Arthur, W. (1989), « Competing technologies and Lock-in by historical small events, *Economical Journal*, (14), pp. 33-44

Audretsch, D.B., (1991), « New-firm survival and the technological regime, » *Review of Economics and Statistics* 73, 441-450.

Audretsch, D.B., (1995), « Innovation and industry evolution, » MIT Press, Cambridge.

Audretsch, D.B., Lehmann, E.E., (2004), « The Effects of Experience, Ownership, and Knowledge on IPO Survival: Evidence from the Neuer Markt, » Discussion Paper 04/10, Diskussionspa-pier der Forschergruppe (Nr. 3468269275) *Heterogene Arbeit: Positive und Normative Aspekte der Qualifikationsstruktur der Arbeit*, Konstanz.

Baldwin, J. R., Hanel, P., (2003), « Innovation and Knowledge Creation in an Open Economy, » Cambridge Books, Cambridge University Press, number 9780521810869, October

Bakels, R., and Hugenholtz P.B, (2002), « The patentability of computer programmes Discussion of European-level legislation in the field of patents for software, » EUROPEAN PARLIAMENT, Directorate-General for Research.

Barney, J. B. (1988), « Returns to bidding firms in mergers and acquisitions: Reconsidering the relatedness hypothesis, » *Strategic Management J.* **9** 71–78.

Baum, J.A.C., C. Oliver, (1991), « Institutional Linkages and Organizational Mortality, » *Administrative Science Quarterly*, **36**: 187-218.

Baum, J.A.C., T. Calabrese and B.S. Silverman., (2000). « Don't Go It Alone: Alliance Network Composition and Startups' Performance in Canadian Biotechnology, » *Strategic Management Journal*, **21**: 267-294.

Baygan, G., Freudenberg, M., (2000). « The Internationalisation of Venture Capital Activity in OECD Countries: Implications for Measurement and Policy, » OECD Science, Technology and Industry Working Papers 2000/7, OECD Publishing.

BEPA, (2008), « Innovation and Growth in the EU: The Role of SME Policy, » European Commission, Brussels.

Berg S.V., (1989), « The Production of Compatibility: Technical Standards as Collective Goods, » *Kyklos*, vol. 42, pp. 361-383.

Berger, A.N., Udell, F. G., (1998), « The economics of small business finance: The roles of private equity and debt markets in the financial growth cycle, » *Journal of Banking & Finance*, Elsevier, vol. 22(6-8), pages 613-673, August.

Beresford, K., (2001), « European patents for software, E-commerce and business model inventions, » *World Patent Information* **23**, 253-263.

Bergstra, J. A., and Klint, P., (2007), « About trivial software patents: The IsNot case, » *Science of Computer Programming* 64, 3.

Bernstein, P.A. (1996), « Middleware: A Model for Distributed Services, » *Communications of the ACM* 39, 2, February.

Bertrand et Desrousseaux, (2005), « Le projet de directive sur la brevetabilité des logiciels : la propriété industrielle doit-elle rester "industrielle" ? » *Les Infostratégies*. <http://www.les-infostrateges.com>

Bessen, J., (2003), « Patent Thickets: Strategic Patenting of Complex Technologies, » *ROI Working Paper*.

Bessen J., Hunt R., (2007), « An Empirical Look at Software Patents, » *Journal of Economics and Management Strategy*, 16(1), 157–189.

Bessen and Maskin, (2009), « Sequential innovation, patents and imitation, » *RAND Journal of Economics*. Vol. 40, No. 4, Winter 2009. pp. 611–635

Bessen J., Meurer M., (2008), « Patent Failure: How Judges, Bureaucrats and Lawyers Put Innovators at Risk, » Princeton, N.J.: Princeton University Press, 2008.

Boon., J, (2009), « UK software patents – Get with the program, » *Computer Law & Security Review* 25- 367-371 I

Bottazzi, L., Da Rin M. (2001), « Europe's 'New' (Stock) Markets: Euro.nm, 1997-2000, » *IGIER Working Paper n.171* (<http://www.igier.uni-bocconi.it>).

Bottazzi L., Da Rin M. (2002), « Venture capital in Europe and the financing of innovative companies, » in *Economic Policy*, ed. by G. De Menil, H. Sinn, R. Portes, Blackwell Publishing.

Box-Steffensmeier, J., Zorn., C., (1998), « Duration models and Proportional Hazards in Political Science, » Annual Meeting of the Midwest Political Science Association, April 23-25, 1998, Chicago, Illinois.

Boyer R, (1996), « Elements for an Institutional approach to economics, » Mimeo CEPREMAP.

Boyer R, (2005), «Coherence, diversity, and the evolution of capitalism: The Institutional Complementarity Hypothesis, » Interfaces for Advanced Economic Analysis. Kyoto University.

Boyer R, Saillard Y, (2002), « Théorie de la régulation : l'état des savoirs, » La Découverte, 2^{ème} Edition.

Brau J., Fawcett S., (2006), « Initial Public Offerings: An Analysis of Theory and Practice, » The journal of Finance, Vol. LXI, No. 1.

Brousseau Eric, (1993). « L'économie des contrats. Technologies de l'information et coordination interentreprises », PUF (Economie en liberté), 368 p.

Brouthers K., D., et Van't Kruis (1997), « Competing in Software: Strategies for Europe's Niche Business, » Long Range Planning, Vol. 30, No. 4, pp. 518 to 528

Buehler S., Kaiser C., Jaeger F., (2005), « Merger or Fail? The determinants of Merger and Bankrupcies in Switzerland, 1995-2000, » Socioeconomic Institute University of Zurich Working paper No. 0506

Burigana., D. (2011), « 1970s-1980s, software industry: a non-European history? Or the inevitable international dimension of, if not a powertool, at least of euro-national projection? » Working paper 2, Sectoral studies of institutional configurations and industrial dynamics. ICATSEM, Deliverable D4.3

Burton, M.D., J. Sorensen and C. Beckman. 2002. Coming from Good Stock: Career Histories and New Venture Formation. *Research in the Sociology of Organizations*, 19: 229-262.

Callon, M., (1991), « Techno-economic networks and irreversibility, » pp. 132–165 in *A Sociology of Monsters: Essays on Power, Technology and Domination*, edited by John Law. London: Routledge.

Campbell-Kelly, M., 2003. From airline reservations to sonic the hedgehog: A history of the software industry. MIT press, 89-199

Carpentier C., Liotard I., Revest V. (2007), « La promotion des firmes françaises de biotechnologie: le rôle de la propriété intellectuelle et de la finance », *Revue d'Economie Industrielle* 120: 79-94.

Cassidy, J., (2002), « dot.con: The Greatest Story Ever Sold, » Penguin.

Caves, R.E., 1998, «Industrial organization and new findings on the turnover and mobility of firms, » *Journal of Economic Literature* 36 (4), 1947–1982.

Caves, R.E. and M.E. Porter, 1977, «From entry barriers to mobility barriers,» *Quarterly Journal of Economics* 91, 241-261.

Cefis, E., Marsili, O., (2006), « Survivor: the role of innovations in firms' survival, » *Research Policy* 35, 626–641.

Cefis, E., Marsili, O., (2007), « Going, Going, Gone. Innovation and Exit in Manufacturing Firms, » *Erim Report Series Research in Management*.
<http://hdl.handle.net/1765/9732>

Certo, S.T., Holmes Jr, M.R., Holcomb, T.R., (2007), « The influence of people on the performance of IPO firms, » *Executive Digest. Business Horizons* 50, 271-276.

Chang, S., (2004), « Venture capital financing, strategic alliances, and the initial public offerings of Internet start-up, » *Journal of Business Venturing* 19, 721–41.

Chavance, B. (2007), « L'économie institutionnelle, » La Découverte, Paris.

Chemmanur, T., Fulghieri, P., (1994), « Investment bank reputation, information production, and financial intermediation, » *Journal of Finance* 49 (1), 57–79.

Christensen, C.M., Suarez, F.F., Utterback, J.M., (1998), « Strategies for survival in fast-changing industries, » *Management Science* 44 (12, Part 2 of 2), S207–S220.

Chesbrough, H. (2003), « Open Innovation, » Harvard Business Press, Cambridge, Massachusetts.

Chesbrough, H.W., W. Vanhaverbeke and J. West (eds.) (2006), « Open Innovation: Researching a New Paradigm, » Oxford University Press, Oxford.

Czarnitzki, D., Delanote, J., 2012. Young innovative companies: the new high-growth firms? *Industrial and Corporate Change* 22 (5), 1315-1340.

Clarke, K. A., (2005). « The phantom menace: Omitted variable bias in econometric research, » *Conflict Management and Peace Science* 22, 341–352.

Cockburn, I., MacGarvie, M., 2009. « Patents, thickets and the financing of early-stage firms: evidence from the software industry, » *Journal of Economics & Management Strategy*, 18 (3), 729–773.

Cockburn, I., Wagner, (2010), « Patents and the Survival of Internet-Related IPOs, » *Research Policy* 39, 214-228.

Coff, R.W., (1999), « How buyers cope with uncertainty when acquiring firms in knowledge-intensive industries: Caveat emptor, » *Organization Science* 10 (2), 144–161.

Cohen, W. (1995), « Empirical studies of innovative activity, » dans P. Stoneman (dir. publ.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Blackwell, Oxford.

Cohen, W.M., Nelson, R.R., Walsh, J.P., (2000), « Protecting their intellectual assets: appropriability conditions and why U.S. manufacturing firms patent (or not), » NBER Working Paper 7552

Cohen, W. M. et S. Klepper, (1996), «A reprise of size and R&D, » *Economic Journal*, 106, pages 925 à 951

Cohen, J. and M.A. Lemley, (2001), « Patent Scope and Innovation in the Software Industry, » *California Law Review*, 89, 1–57.

Cohen, W., M., Richard R. Nelson, and John P. Walsh. (2000), « Protecting Their Intellectual Assets: Appropriability Conditions and Why U.S. Manufacturing Firms Patent (or Not), » NBER Working Papers 7552, National Bureau of Economic Research, Inc.

Colombo, M.G. and Grilli, L. (2005), « Founders' Human Capital and the Growth of New Technology-Based Firms: A Competence-Based View, » *Research Policy*, 34, 795-816.

Colombo M., Grilli L. (2007), « Funding Gaps? Access to bank loans by high-tech start-ups, » *Small Business Economics* 29(1-2): 25-46.

Commons J. (1934), « Institutional Economics. Its place in Political Economy, » New Brunswick/Londres, Transaction Publishers, 1990, vol 2.

COM(2008) 394 final, «Think Small First: Priorité aux PME. Un *Small Business Act* pour l'Europe, » Bruxelles, le 25.6.2008

COM(2008) 396, « Proposition de Règlement du conseil relatif au statut de la société privée européenne, » Bruxelles.

COM(2006) 349 final, « Financing SME Growth – Adding European Value, » Brussels, 29.6.2006

COM(2010) 245, « Une stratégie Numérique pour l'Europe, » Communication de la Commission Européenne au parlement Européen, au conseil, au comité économique et social européen et au comité des régions. Bruxelles COM(2010) 245.

CompTIA (2008), « White Paper : Promoting the European Software Industry, » Brussels, 29 October. www.comptia.eu

Cooley, T.F., Quadrini, V., (2001), « Financial markets and firm dynamics, » *American Economic Review* 91 (5), 1286–1310.

Coriat, B., Orsi, F., (2002), « Establishing a new intellectual property rights regime in the United States Origins, content and problems, » *Research Policy* 31 (2002) 1491–1507

Coriat B., Orsi F., (2003), « Droits de propriété intellectuelle, marchés financiers et innovation, une configuration soutenable ?, » *Lettre de la Régulation* n°45, juillet.

Coriat, B., Weinstein, O., (2002). « Organizations and Institutions in the Innovation Generation ». *Research Policy* 31, 273-290.

Coris (2004), « Le logiciel libre : Emergence et Hybridation d'une alternative productive, » Université Montesquieu Bordeaux IV.

Cox, D. R., (1972), « Regression models and life tables, » *Journal of Royal Statistical Society*, 34, pp. 187-220.

Cox, D. R. and Oakes D., (1984), « Analysis of survival Data, » London: Chapman and Hall.

Curien, N., Muet, P.A., (2004) « La société de l'information » La documentation française. Paris.

Czarnitzki, D., Delanote, J., (2012). « Young innovative companies: the new high-growth firms? » *Industrial and Corporate Change* 22 (5), 1315-1340.

David P.A., (1994), « Les standards des technologies de l'information, les normes de communication et l'État : un problème de biens publics, » in Orléan A. (dir.), « Analyse Économique des Conventions », Presses Universitaires de France, Paris, pp. 249-280.

David, P.A, Foray, D., (1994) « Dépendance du sentier et économie de l'innovation: une rapide tour d'horizon, » *Revue d'économie industrielle*. pp. 27-41

De Closets, F. Lussato, B., (2000), « L'imposture informatique – Vive l'ordinateur simple et bon marché! », Paris, Fayard, Le Livre de poche.

Dosi, G., Marengo, L. and Pasquali, C., (2006), « How much should society fuel the greed of innovators? On the relations between appropriability, opportunities and rates of innovation, » *Research Policy*, 35, 1110-1121

Di Cosmo (1998), « Le hold-up planétaire – La face cachée de Microsoft, » Paris, Calmann-Lévy

Dréan., G, (1996), « L'industrie informatique. Structure, économie, perspectives, » Masson (collection Stratégique et système d'information), 389 p.

Dunne, T. Roberts, M.J and Samuelson, L., (1989), « The growth and failure of U.S. manufacturing plants.», *Quarterly Journal of Economics* 104. 671-698.

Durand, R., Quelin, B, (1999) « Contribution de la théorie des ressources à une théorie évolutionniste de la firme » En *Approches évolutionnistes de la firme et de l'industrie. Théories et analyses empiriques.* Sous la direction de M. Basle, R. Delorme, J-L Lemoigne et B. Paulré.

EBB, (1999), « U.S. industrial outlook, International Trade Administration, U.S. Department of Commerce, » *The University of Michigan Economic Bulletin Board* (1994).

Eisenhardt K.M., and C.B. Schoonhoven. (1990), « Organizational Growth: Linking Founding Team, Strategy, Environment, and Growth among U.S. Semiconductor Ventures, 1978-1988, » *Administrative Science Quarterly*, 35: 504-529.

Ericson, R. and Pakes, A. (1995), « Markov-Perfect Industry Dynamics: a Framework for Empirical Work, » *Review of Economic Studies*, 62, 53-82.

Euro.nm., (1999), « The Successful Alliance of Growth Markets in Europe, » Brussels.

European Software Association (2008), « European Software Industry: looking for a competitive advantage »

Evans, D.S., (1987), « The relationship between firm growth, size and age: Estimates for 100 manufacturing industries, » *Journal of Industrial Economics* 35, 567-581.

Fama, E.F., French, K.R., (2004), « New lists: Fundamentals and survival rates. *Journal of Financial Economics*, » 73, 229–269.

Freedman, C.D., 2000. « Software and computer-related business-method inventions: must Europe adopt American patent culture? » *International Journal of Law and Information Technology* 8 (3), 285–309.

Foray, D., (1989), « Les modèles de compétition technologique. Une revue de littérature, » *Revue d'économie industrielle* N°48 2^{ème} trimestre.

Foray, D., Zommermann, J.B., (2001), « L'économie du Logiciel Libre: organisation coopérative et incitation à l'innovation », *Revue Economique*, Numéro Spécial, octobre 2001.

Gallini, N., (2002), « The economics of patents: Lessons from recent U.S patent reform, » *Journal of Economic Perspectives* » 16 (2), 131-154.

Granstrand, O. (1999), « The Economics and Management of Intellectual Property, » *Towards Intellectual Capitalism*. Edward Elgar Publishing Ltd, London.

Granstrand, O., Sjölander, S., (1990), « The acquisition of technology and small firms by large firms, » *Journal of Economic Behavior & Organization* 13 (3), 367–386.

Genthon C., (1999), Innovation et changements structurels: l'exemple de l'industrie informatique, » *Revue d'économie Industrielle*, N° 85, pp.31-48.

Geoffron, P., (1987), « Capital Risque et financement de l'innovation technologique, » *Revue d'économie industrielle*. Vol. 42. 4e trimestre, pp. 90-96

Geroski, P.A., (1995), « What do we know about entry? » *International Journal of Industrial Organization* 13 (4), 421–440.

GFII (2007), « Étude sur la recherche et développement en sciences et technologies de l'information dans les grands pays industriels », Groupement Français de l'Industrie de l'Information » study commissioned by the French Ministry of National Education, Higher Education and Research, www.csti.pm.gouv.fr/fr/activites-etudes.html.

Goergen, M. Khurshed, A. McCahery, J.A. Renneboog, L.D.R. (2003), « Rise and Fall of the European New Markets: on the Short and Long-run Performance of High-tech Initial Public Offerings, » *ECGI Working Paper Series in Finance* N°27.

Goldman R., W. (1998), « L'affaire Microsoft – Les charges secrètes contre Bill Gates », Paris, First Editions.

Gompers et Lerner, (2001), « The venture capital revolution, » *Journal of Economic Perspectives*- Volume 15, Number 2- pages 145-168.

Graham, S., Hall, B., Harhoff, D., Mowery, D., 2002. Post-Issue Patent Quality Control: A Comparative Study of US Patent Re-Examinations and European Patent Oppositions. NBER Working Paper Series.

Graham, Stuart J. H., and David C. Mowery., (2003), « Intellectual Property Protection in the U.S. Software Industry, » In *Patents in the Knowledge-Based Economy*, edited by Wesley M. Cohen and Stephen A. Merrill, 219-58. Washington, DC: National Research Council.

Grambsch, P. M., and T. M. Therneau. (1994), « Proportional hazards tests and diagnostics based on weighted residuals, » *Biometrika* 81: 515–526.

Grimm, B., B. R. Moulton, and D. B. Wasshausen (2002), « Information Processing Equipment and Software in the National Accounts, » NBER Working Paper

Grindley, C.G., Teece, D.J., (1997), « Managing intellectual capital: licensing and cross-licensing in semiconductors and electronics, » *California Management Revue* 39 (2), 8–41.

Guellec, D., (1999), «Economie de l'innovation, » Collection repères, éd. La Découverte, n°259.

Guellec, D., Madiès, T., Prager J.C., (2010), « Les marchés des brevets dans l'économie de la connaissance, » *Conseil d'analyse économique (CAE)*.

Guellec D., van Pottelsberghe de la Potterie, B., (2007), « The Economics of the European Patent Systems, » Oxford University Press, Oxford

Hall et Soskice, (2001), « Varieties of Capitalism, » New York: Oxford University Press.

Hall, B.H., (1987), « The relationship between firm size and firm growth in the US manufacturing sector, » *The Journal of Industrial Economics* 35 (4), 583–606.

Hall, B.H. and Ziedonis, R. H., (2001), « The Determinants of Patenting in the U.S. Semiconductor Industry, 1980-1994, » *Rand Journal of Economics*, 32, 101-28

Hall, B.H., and R.H. Ziedonis, (2001), « The Patent Paradox Revisited: An Empirical Study of Patenting in the U.S. Semiconductor Industry, 1979–1995, » *RAND Journal of economics*, 32, 101–128.

Hall, B.H., Jaffe, A., Trajtenberg, M., 2005, « Market value and patent citations, » *Rand Journal of Economics* 36, 16-38.

Hart, Holmes and Reid, (1999), « The Economic Impact of Patentability of Computer Programs, » Intellectual Property Institute, London

Harter, D.E., M.S. Krishnan and S.A. Slaughter (2000), « Effects of Process Maturity on Quality, Cycle Time, and Effort in Software Product Development », *Management Science*, vol. 46, no. 4.

Heckman, J., (1978), « Dummy endogenous variables in a simultaneous equation system, » *Econometrica* 46, 931–959.

Heeley, M., Matusik, S., Jain, N., (2007), « Innovation, appropriability and the underpricing of Initial Public Offerings, » *Academy of Management Journal* 50, 209-225.

Heller, M.A., Eisenberg, R.S., (1998), « Can Patents Deter Innovation? The Anticommons in Biomedical Research, » *Science*. Vol. 280 no. 5364 pp. 698-701.

Henderson, R., Cockburn I., (1993), « Scale, scope and spillovers: The determinants of research productivity in the pharmaceutical industry, » NBER Working Paper No. 66.

Heng, A., Chang, C., (2008), « Credit ratings and IPO pricing, » Journal of Corporate Finance 14, 584-595.

Hensler, D., Rutherford, R., and Springer, T., (1997), « The survival of initial public offerings in the aftermarket, » The journal of Financial Research. Vol. XX No, 1 pp. 93-110.

Higgins, M., Gulati, R., (2003), « Getting off to a good start: the effects of upper echelon affiliations on underwriter prestige, » Organization Science 14 (3), 244–263.

Higgins, M., Stephan P, Thursby, J., (2011), « Conveying quality and value in emerging industries: Start scientists and the role of signal in biotechnology, » Research Policy 40, 605-617

Hollingsworth J.R, (2000) , « Doing institutional analysis: implications for the study of innovation, » Review of international Political Economy, 7-4, 595-644.

Horn, F., (2004), « L'Economie des logiciels, » Collection repères, éd. La Découverte. 120 p.

Hsu, D.H. (2004), « What do Entrepreneurs Pay for Venture Capital Affiliation? » Journal of Finance, 59: 1805-1844.

Hsu, D., Ziedonis, R.H., (2008), « Patents as Quality Signals for Entrepreneurial Ventures, » *Academy of Management Best Papers Proceedings*.

Jaffe, Adam. (2000), « The U.S. Patent System in Transition: Policy Innovation and the Innovation Process, » *Research Policy* 29, 531-57.

Jaffe, A., Lerner, J., (2004), « Innovation and Its Discontents: How Our Broken Patent System is Endangering Innovation and Progress, and What to Do About It, » Princeton University Press

Jain, B.A., Kini, O., (2000), « Does the presence of venture capitalists improve the survival profile of IPO firms? » *Journal of Business Finance & Accounting* 27 (9–10), 1139–1183.

Jovanovic, B., "Selection and the Evolution of Industry," *Econometrica* 50: 3 (1982), 649-670.

Jullien B. and Smith A. (eds.) (2008), « Industries and Globalization. The Political Causality of Difference, » Basingstoke, Palgrave.

Kauffman, R., Wang, B., (2003), « Duration in the digital economy, » In: Sprague, R. (Ed.), *Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on Systems Science*, IEEE Computing Society.

Kay, R., (1986), « Treatment effects in competing-risks analysis of prostate cancer data, » *Biometrics* 42, 203-211.

Keele, L., (2010), « Proportionally Difficult: Testing for Nonproportional Hazard in Cox Models, » *Political Analysis* 18: 189-50.

Kingston, W. (2001), « Innovation needs patent reform, » *Research Policy*, 30(3), 403-423.

Klepper, S., (1996), « Entry, exit, growth, and innovation over the product life cycle, » *The American Economic Review* 86 (3), 562–583.

Kohers, N. and J. Ang, J. (2000), « Earnouts in Mergers: Agreeing to Disagree and Agreeing to Stay, » *The Journal of Business*, Vol. 73, pp. 445-476.

Kortum, S. and Lerner, J., (1998), « Stronger Protection or Technological Revolution: What Is Behind the Recent Surge in Patenting? » *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, Vol. 48.

Kortum, S., & Lerner, J., (2000). « Assessing the contribution of venture capital to innovation, » *RAND Journal of Economics*, 31(4), 674–692.

Krinsky, I., Rotenberg, W., 1989. « The valuation of initial public offerings », *Contemporary Accounting Research* Volume 5(2), 501–515.

Lanjouw, J.O. and Lerner, J., (1996), « Preliminary Injunctive Relief: Theory and Evidence from Patent Litigation, » Working Paper No. W5689, National Bureau of Economic Research.

Lanjouw, J.O., Schankerman, M., (2001), « Characteristics of patent litigation: a window on competition, » *RAND Journal of Economics* 32, 129-151.

Lazonick, William, (2003), « Innovative Enterprise and Historical Transformation, » *Economic and Industrial Democracy*, 24 (1), 9-44

Lazonick, William, (2007), « The US Stock Market and the Governance of Innovative Enterprise, » *Industrial and Corporate Change*, 16, 6: 983-1035.

Lazonick, William, (2008), « The Quest for Shareholder Value: Stock Repurchases in the US Economy, » University of Massachusetts Lowell

Le bas, C., Mothe C (2010) , «Le brevet bloquant: quelle utilisation de la part des entreprises françaises? Bilan d'un étude auprès de conseils en propriété industriel, » *Management International*, 14(3), 23-43.

Leland H.E., Pyle, D.H., (1976), « Informational asymmetries, financial structure, and financial intermediation, » *Journal of Finance* 32, 371-387.

Lemley, M.A., (2001), « Rational ignorance at the Patent Office, » *Northwestern University Law Review* 95, 1495-1532.

Lemley, M.A ,O'Brien (1997), « Encouraging Software Reuse, » *Stanford Law Review* 49 (February)

Lerner, J., (1994), « Venture capitalists and the decision to go public. *Journal of Financial Economics* » 35, 293–316.

Levin, R. C., Klevorick, A. K., Nelson, R. R., Winter, S. G., (1987), « Appropriating the returns from industrial research and development, » *Brookings Papers on Economic Activity* 3, 783-832

Liebowitz, S.J., et Margolis S. (1999), « Winners, Losers and Microsoft: Competition and Antitrust in High Technology, » The Independent Institute, Oakland, USA.

Lin, C., Su, D., (2008), « Industrial diversification, partial privatization and firm valuation: Evidence from publicly listed firms in China, » *Journal of Corporate Finance* 14, 405–417.

Lippoldt et Strykowski (2009), «Innovation in software industry, » OCDE Innovation strategy. OCDE publications.

LiPuma, J., (2011), « Internationalization and the IPO performance of new ventures, » *Journal of Business Research.*, doi:10.1016/j.jbusres.2011.05.007

Long C., (2002), « Patent signals, » *The University of Chicago Law Review* 69 (2), 625-679.

Lumpkin, S., and J. Thompson (2006), « The SME Financing Gap: Theory and Evidence, » *OECD Working Paper DAF/CMF (2006)*, Directorate for Financial and Enterprise Affairs, OECD, Paris.

Lundvall, B.,Å. (1992), « National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning, » London: Pinter Publishers.

Lung, Y., (2008), « Modèles de firme et formes du capitalisme: Penser la diversité comme agenda de recherche pour la TR, » *Revue de la Régulation. Capitalisme, Institutions, Pouvoirs.* Janvier , Numéro 2

Lunn, M., McNeil., (1995), « Appling Cox Regression to competing risks, » *Biometrics*, vol. 51, No. 2, pp. 524-532.

Manigart, S., K. Baeyens and W.V. Hyfte (2002), « The survival of venture capital backed companies, » *Venture Capital*, Vol. 4, N°2, pp. 103-124.

Mann, R. J., (2005), « Do Patents Facilitate Financing in the Software Industry? » *Texas Law Review*, 83, 961.

Mann, R., Sager T., (2007), « Patents, venture capital, and software start-ups, » *Research Policy* 36 (2007) 193–208

Mansfield, E. (1986), « Patents and Innovation: an empirical study, » *Management Science*, 32,173-181

Mansfield, E., Schwartz, M., Wagner, S., (1981), « Imitation costs and patents: an empirical study, » *Economic Journal* 91, 907-918.

Mayston, D., (2009), «The determinants of cumulative endogeneity bias in multivariate analysis, » *Journal of Multivariate Analysis* 100(6), 1120-1136.

Meggison, W., Weiss, K.A., (1991), « Venture capitalist certification in initial public offerings, » *Journal of Finance* 46, 879–903.

Menell, P., (1989), « An Analysis of the Scope of Copyright Protection for Application Programs, » *Stanford Law Review* 41: 1045-1096.

Merges, R. P., (1996), « A Comparative Look at Intellectual Property Rights and the Software Industry, » in D. C. Mowery, ed., *The International Computer Software Industry: A Comparative Study of Industry Evolution and Structure*. New York: Oxford University Press.

Merges, R.P., (1997), « Patent Law and Policy: Cases and Materials, » 2d ed. Charlottesville, Va.: The Michie Company.

Merges, R.P., Nelson, R.R., 1990. « On the complex economics of patent scope, » *Columbia Law Review* 90 (4), 839–916.

Merges, R.P., (2006), « Software and Patent Scope: A report from the middle Innings, » *Texas Law review* (Vol. 85; 1627-1676)

Moati, P., (2008), « La Prospective Sectorielle: Les Apports de l’approche évolutionniste, » *Management Prospective Ed. | Management & Avenir*.

Montalban, M. (2009) « Eléments pour une synthèse institutionnaliste sur la dynamique industrielle entre la théorie des champs organisationnels et la Théorie de la Régulation » GREThA UMR CNRS

Moser, P., (2005), « How do patent laws influence innovation? Evidence from nineteenth-century world fairs, » *American Economic Review* 95, 1214.

Mowery D.,(1999), «The Computer Software Industry, in sources of industrial leadership of seven industries». (David C. Mowery & Richard R. Nelson eds., 1999). Cambridge University Press.

Mowery, D.C. et N. Rosenberg (1989), « Technology and the Pursuit of Economic Growth », Cambridge University Press, Cambridge.

Muller P., Pénin J., (2006), « Why do firms disclose knowledge and how does it matter? » *Journal of Evolutionary Economics* 16 (1-2), 85-108.

Muselli, Laure, (2008), « Le rôle des licences dans les modèles économiques des éditeurs de logiciels open source, » *Revue française de gestion*. N.181.

Myers and Majluf, N.S. (1984), “Corporate Financing and Investment Decisions when Firms Have Information Investors Do Not Have,” *Journal of Financial Economics*, Vol. 13, pp. 187-221

National Trade Associations (2008), « Position Paper Towards a European Software Strategy, » Collection ThémaTic, Numéro 22.

Nelson, R., (1993), *National Systems of Innovation: A comparative Study*, Oxford, Oxford University Press.

Nelson, R., 1995. « Recent evolutionary theorizing about economic change, »
Journal of Economic Literature 33, 48–90.

Nelson, R., and S. G. Winter, (1982), « An Evolutionary Theory of Economic
Change, » Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press.

Nessi (2008), « European Software Strategy a NESSI proposition paper, » The
Networked European Software and Services Initiative, June 2008.

Noel, M.D., Schankermann, M.A., (2006), « Strategic Patenting and Software
Innovation. CEPR Discussion Paper No. 5701. CEPR.

North, D., (1990), « Institutions, Institutional Change and Economic
Performance, » Cambridge, Cambridge University Press.

OECD (2002), « OECD Information Technology Outlook 2002, » OECD,
Paris.

OCDE (2006), « OECD Information Technology Outlook 2006, » OECD,
Paris

OCDE (2008), « OECD Information Technology Outlook 2008 », OECD,
Paris

OCDE (2009), « OECD Science, Technology and Industry Scoreboard »,
OECD, Paris

Olson, H., and McQueen, D., (2000), « Factors influencing patenting in small
computer software producing companies, » Technovation 20, 563–576

Orsenigo, L., Sterzi, V., (2010), « Comparative study of the use of patents in
different industries, » KITeS Working Paper, n.33

O'Sullivan, M., (2007), « Funding New Industries: A Historical Perspective on the Financing Role of the U.S. Stock Market in the Twentieth Century, » in N. Lamoreaux and K. Sokoloff, eds., *Financing Innovation in the United States, 1870 to the Present*, MIT Press.

Pac (2007), « EuroSoftware100: Key players & markets trends, » May 2008

Pac (2008), « Open source: State of the Art, » May 2008

Pakes, A., and R. Ericson, (1998), « Empirical Implications of Alternative Models of Firm Dynamics, » *Journal of Economic Theory* 79: 1, 1-45.

Palepu, K. (1986), *Predicting Takeover Targets: A Methodological and Empirical Analysis*, *Journal of Accounting and Economics*, Vol. 8 pp. 3-35.

Parker, R. and B. Grimm (2000), « Recognition of Business and Government Expenditures for Software as Investment: Methodology and Quantitative Impacts, » 1959-98”, US Bureau of Economic Analysis Working Paper, available at www.bea.gov.

Peristiani, S, and Hong, G., (2004), « Pre-IPO Financial Performance and Aftermarket Survival. Current issues in economics and finance, » Federal reserve bank of New York. Volume 10, Number 2.

Peel, M.J., Wilson, N., (1989), « The liquidation/ Merger Alternative, » *Managerial and Decisions Economics* 10, 209-220.

Pellegrino, G., Piva, M., Vivarelli, M., 2012; Young firms and innovation: A microeconomic analysis. *Structural Change and Economic Dynamics* 23, 329–340.

Perez, E.S., Sanchis Llopis, A., Sanchis LLops, J.A., (2004), « The determinants of survival of Spanish manufacturing firms, » *Review of Industrial Organization* 25 (3), 251–273.

Pisano, G., (2006), « Can science be a business? Lessons from biotech, » *Harvard Business Review* (October), 114–125.

Pommet., Sophie, (2012), « Capital- investissement et performances des firmes: le cas de la France, » *Vie & sciences de l'entreprise* N°190, 30-45

Powell, R., (1997), « Modelling Takeover Likelihood, *Journal of Business Finance and Accounting*, » Vol. 24, pp. 1009-30.

Quasney, J., Sebok, S., Freund, S., (2011), « *Discovering Computers, Complete: Your Interactive Guide to the Digital World*, » Cengage Learning.

Rassenfosse, G., van Pottelsberghe de la Potterie, B., (2010), « The role of fees in patent systems: Theory and Evidence, » ECARES working paper 2010-023

Revest, V (2013), « Innovations, entreprises et marchés financiers: entre nécessité, complexité et ambiguïté, » *Habilitation à Diriger des Recherches*. Université Lumière Lyon 2.

Revest, V., Sapio, A., (2012), « Financing Technology-Based Small Firms in Europe: what do we know? » *Small Business Economics*. Volume 39, Issue 1, pp 179-205

Rentocchini (2011), « Sources and characteristics of software patents in the European Union: some empirical considerations, » *Information Economics and Policy*, doi: 10.1016/j.infoecopol.2010.12.002

Ritter, J.R., (1984), « Signalling and the valuation of unseasoned new issues: A comment, » *Journal of Finance* 39, 1231-1237.

Ritter, J.R., (1991), « The Long-Run Performance of Initial Public Offerings, » *Journal of Finance* 46, no. 1 (March): 3-27.

Ritter, J., Welch, I., (2002), « A Review of IPO Activity, Pricing, and Allocations, » *The Journal of Finance*, Vol. LVII, No. 4

Roycroft, R.W. and Kash, D., (1999), « The Complexity Challenge: Technological Innovation for the 21st Century, » Francis Pinter, London

Samuelson, P., (1990), « Benson Revisited: The Case Against Patent Protection For Algorithms and Other Computer Program-Related Inventions, » *Emory Law Review*, 39, 1025–1154.

Shapiro, C., Varian H., (1999), « Economie de l'information, Guide stratégique de l'économie des réseaux, De Boeck Univesité, Collection Balises, Paris.

Shapiro, C., 2001, « Navigating the Patent Thicket: Cross Licenses, Patent Pools, and Standard-Setting, » *Innovation Policy and the Economy*. Volume I, Adam Jaffe, Joshua Lerner, and Scott Stern, eds., MIT Press, 2001.

Schary, MA., (1991), « The probability of exit, » *RAND Journal of Economics* 22, 339-353.

Schneider, C., Veugelers, R. (2010), On young highly innovative companies: why they matter and how (not) to policy support them. *Industrial and Corporate Change* 19, 969-1007.

Schreiber, R. (1995), « Middleware Demystified, » *Datamation*, Vol. 41, No. 6, 1 April.

Schultz, P., (1993), « Unit initial public, *Journal of Financial Economics* 34, » 199-229/

Scotchmer, S., (1991), « Standing on the shoulders of giants: cumulative research and the patent law, » *Journal of Economic Perspectives* Winter 5 (1), 29–41.

Schumpeter, Joseph A. (1942), « Capitalism, Socialism, and Democracy, » New York: Harper and Brothers. (Harper Colophon edition, 1976.)

Smets S.J., Faucon, P., (1999), «Logiciels libres, Liberté, Egalité, Business. Edispher, Paris.

Spence, M., (1973), « Job market signalling, » *Quarterly Journal of Economics* 87, 355-374.

Sutton J., (1996), « Technology and market structure, » *European Economic Review*, 40(511-530).

StataCorp. (2009), « Stata: Release 11. Statistical Software, » College Station, TX: StataCorp LP.

Storey, D.J., Tether, B.S. (1998), « New technology-based firms in the European Union: an introduction, » *Research Policy* 26, 933-946.

Stuart, T., Hoang, H., Hybels, R., (1999), « Interorganizational endorsement and the performance of entrepreneurial ventures, » *Administrative Science Quarterly* 44, 315–349.

Syntec informatique, (2008), « Position paper: Towards a European software strategy, » *Collection ThémaTic- Software Numéro 22*.

Syntec informatique (2009), « Consolidation du secteur des logiciels & services: mise à jour des travaux de l'observatoire de Syntec infomatique, » *Collection ThémaTic-N°23*

Swann, P., Gill., P., (1993), « The speed of technology change and the development of market structure: Semiconductors, PC software and biotechnology, » dans P. Swann (dit-.publ.), *New Technologies and the Firm. Innovation and Competition*, Routledge, Londres.

Teece, D.J, (1986), « Profiting from Technological Innovation, » *Research Policy*, 15/6

Trajtenberg, M., 1990), « A penny for your quotes: patent citations and the value of innovations, » *The Rand Journal of Economics*, 172-187.

Turle, M., and Knight D., (2008), « Recent developments in the patentability of software in the UK, » *Computer Law & Security Report* 24. 461-464

Yilmaz M.R et Chatterjee S., (1997), « Deming and the quality of software développement, » *Business Horizons*, Vol . 40, Issue 6, November-December, pp. 51-58

Van Pottelsberghe de la Potterie, B., (2010), « The quality factor in patents systems, » Ecore discussion paper 42

Veblen (1901), « Industrial and pecuniary employments », in Tilman R(dir.) (1993), A Veblen Treasury. From Leisure Class to War, Peace, and Capitalism, Armonk, M. E. Sharpe.

Veblen (1904), « The Theory of Business Enterprise, » New York, Charles Scribners.

Veugelers, R., and Cincera, M., (2010), « Young leading innovators and EU's R&D intensity gap, » Bruegel policy contribution, No. 2010/09

Warusfel, B., (2002), « La brevetabilité des inventions logicielles dans les jurisprudences européenne et américaine, » *Colloque Association Française du Droit de l'Informatique et de la Télécommunication.*

Wilbon, A.D., (1999), « An empirical investigation of technology strategy in computer software initial public offering firms, » *Journal of Engineering and Technology Management* 16, 147–169

Winter, S. G., (1987), « Knowledge and Competence as Strategic Assets, » in D. J. Teece (Ed.) *The Competitive Challenge. Strategies for Industrial Innovation and Renewal.* Cambridge, Mass.: Ballinger Publishing Company.

Ziedonis, R.H., (2004), « Don't Fence Me In: Fragmented markets for technology and the Patent Acquisition Strategies of Firms, » *Management Science.* Vol. 50, No. 6, pp. 804-820.

Ziedonis., R.H., (2008), « On the apparent failure of patents: A Response to Bessen and Meurer, » *Academy of the management perspectives*.

Zimmermann J.-B., (1995), « L'industrie du logiciel : de la protection à la normalisation, » in M.Baslé, D. Dufourt, J.-A. Héraud et J. Perrin (eds.), « Changement institutionnel et changement technologique », CNRS éditions, pp. 181-207.

Zott, C., and Q.N. Huy, (2008), « How Entrepreneurs Use Symbolic Management to Acquire Resources, » *Administrative Science Quarterly*.

Annexes

Annexes Chapitre 1 et 2

Tableau 19. Commerce international des biens logiciels dans l'OCDE : vision d'ensemble

2007	Export (2006) Software goods Trade Millions de dollars	Import (2006) Software goods Trade Millions de dollars	Solde commerciale (2006) Software goods Trade	Poids Import (OCDE)	Poids export (OCDE)	Part des exportation s dans VA*
Australie	79,8	465,6	-385,9	2,6%	0,4%	Nd
Autriche	1241,5	666,8	574,7	3,7%	6,6%	25,1%
Belgique	380,0	658,3	-278,3	3,7%	2,0%	5,4%
Canada	291,0	1151,0	-860,0	6,5%	1,5%	nd
Rép. tchèque	370,6	178,3	192,3	1,0%	2,0%	12,0%
Danemark	195,7	240,0	-44,4	1,3%	1,0%	3,7%
Finlande	65,9	284,0	-218,2	1,6%	0,3%	1,4%
France	818,6	1318,0	-499,4	7,4%	4,3%	1,3%
Allemagne	3923,5	2218,4	1705,2	12,4%	20,8%	7,4%
Grèce	48,9	233,5	-184,6	1,3%	0,3%	3,9%
Hongrie	76,1	101,6	-25,5	0,6%	0,4%	3,7%
Islande	0,3	21,4	-21,1	0,1%	0,0%	0,1%
Irlande	2021,5	268,4	1753,1	1,5%	10,7%	24,5%
Italie	179,9	1418,6	-1238,6	8,0%	1,0%	0,5%
Japon	466,7	636,4	-169,8	3,6%	2,5%	0,5%
Corée	169,5	581,9	-412,4	3,3%	0,9%	1,2%
Luxembourg	91,7	104,0	-12,3	0,6%	0,5%	11,9%
Mexique	229,9	383,1	-153,2	2,1%	1,2%	4,9%
Pays-Bas	1580,7	885,8	694,9	5,0%	8,4%	9,8%
Nouvelle-Zélande	14,5	128,4	-113,9	0,7%	0,1%	nd
Norvège	59,1	361,2	-302,1	2,0%	0,3%	0,9%
Pologne	241,5	265,8	-24,2	1,5%	1,3%	1,9%
Portugal	18,0	191,7	-173,6	1,1%	0,1%	0,9%
Rép. slovaque	22,6	88,6	-66,0	0,5%	0,1%	nd
Espagne	141,3	755,2	-613,9	4,2%	0,7%	0,8%
Suède	621,6	568,8	52,8	3,2%	3,3%	5,0%
Suisse	221,9	604,2	-382,3	3,4%	1,2%	2,8%
Turquie	3,9	76,1	-72,2	0,4%	0,0%	nd
Royaume-Uni	1968,0	1966,7	1,3	11,0%	10,4%	2,6%
Etats-Unis	3306,9	1007,0	2299,9	5,6%	17,5%	1,4%

Source : OECD Information Technology Outlook, * : la variable est une estimation
(VA 2007)

Annexes

Tableau 20. Importations et exportations des services informatiques et d'information : vision d'ensemble.

ECONOMY	Imports 2006 US Dollars at current prices	Poids Imports dans Imports Monde (2006)	Exports 2006 US Dollars at current prices	Poids Exports dans Exports monde (2006)
Australia	934,72	1,4%	1059,60	0,8%
Austria	1079,52	1,6%	1502,99	1,1%
Belgium	1984,89	2,9%	2868,84	2,2%
Brazil	2004,95	2,9%	101,53	0,1%
Canada	2033,38	2,9%	4296,04	3,2%
Czech Republic	538,38	0,8%	885,36	0,7%
Denmark	1281,53	1,9%	1162,81	0,9%
Finland	1125,60	1,6%	1474,93	1,1%
France	1988,06	2,9%	1968,79	1,5%
Germany	9243,49	13,4%	9988,95	7,5%
Greece	253,90	0,4%	203,32	0,2%
Hungary	563,27	0,8%	511,08	0,4%
Iceland	17,23	0,0%	89,46	0,1%
Ireland	666,58	1,0%	21039,50	15,8%
Israel	nd	nd	5289,40	4,0%
Italy	1723,10	2,5%	928,46	0,7%
Japan	3122,82	4,5%	966,37	0,7%
Korea, Republic of	597,80	0,9%	248,20	0,2%
Luxembourg	669,62	1,0%	2286,82	1,7%
Mexico	nd	nd	nd	nd
Netherlands	4448,15	6,4%	4969,08	3,7%
New Zealand	275,64	0,4%	190,60	0,1%
Norway	1267,66	1,8%	1375,58	1,0%
Poland	585,00	0,8%	407,00	0,3%
Portugal	328,48	0,5%	213,24	0,2%
Romania	421,69	0,6%	474,29	0,4%
Russian Federation	613,32	0,9%	632,06	0,5%
Slovakia	200,38	0,3%	170,22	0,1%
Slovenia	143,65	0,2%	122,92	0,1%
Spain	2113,19	3,1%	3960,49	3,0%
Sweden	2257,37	3,3%	3584,50	2,7%
Switzerland	nd	nd	nd	nd
Turkey	15,00	0,0%	12,00	0,0%
United Kingdom	4708,68	6,8%	12563,90	9,5%
United States	13434,00	19,4%	10078,70	7,6%
India	1956,94	2,8%	29088,10	21,9%
China	1738,85	2,5%	2957,71	2,2%
Total Monde	69201,94	100,0%	132766,98	100,0%
Reste du Monde		7%		3,80%

Source: OECD Statistics on International Trade in Services, Volume I, detailed tables by Service Category, Sept 2008.

Etudes de cas

A- Les cas de SAP : l'origine du plus grand « succès » logiciel en Europe

SAP est une entreprise allemande créée en 1972 par 5 anciens employés d'IBM qui ont développé un logiciel standard de gestion des données pour les entreprises qui permettrait d'intégrer les *business-process* entre les départements financiers, les achats, et la gestion des clients. Ils ont créé SAP car IBM n'était pas intéressé par ce projet.

Le Positionnement sur le marché : proximité avec l'industrie allemande et les groupes mondiaux

SAP est un des leaders mondial des logiciels d'entreprise. Il propose des solutions pour plus de 25 industries. Le principal produit de SAP est le progiciel de gestion intégrée SAP ERP. SAP profite de la taille du marché allemand (le plus grand marché en Europe et le deuxième mondial après les Etats-Unis). Le développement à l'international de SAP commence dans les années 1980, suite lors de l'introduction en la bourse de Francfort en 1988 et de New York dix ans plus tard.

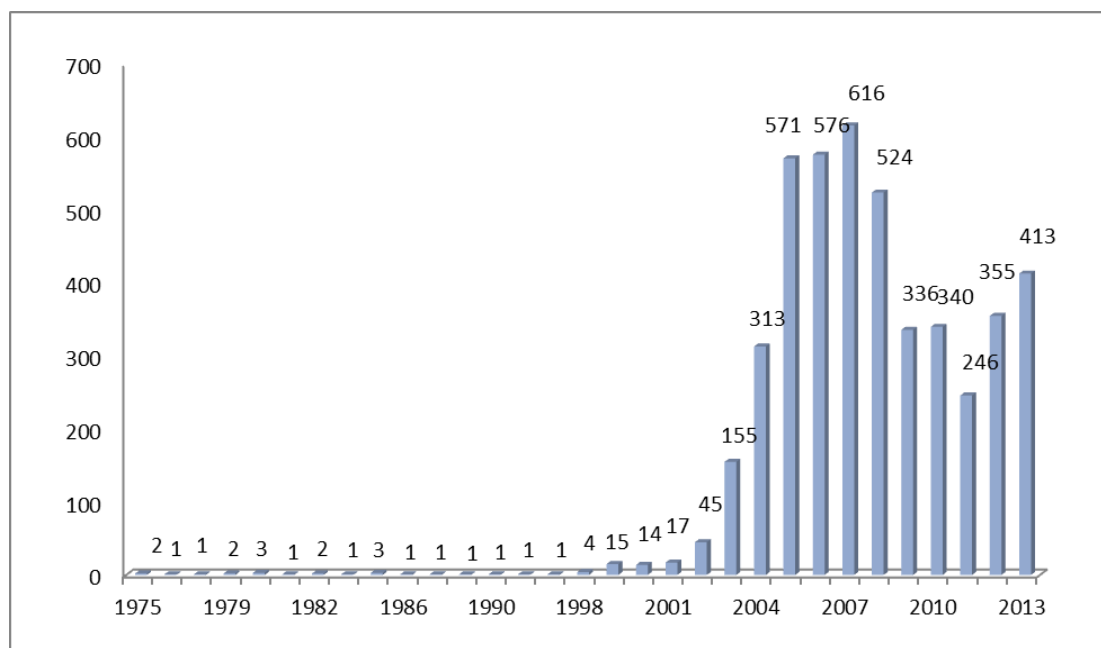
La croissance de SAP repose sur 3 piliers : i) la politique d'offre de produits et de services dans plusieurs marchés tels que les applications, l'analyse de données, le mobile, database & technology et le cloud ii) la co-innovation avec des clients et des partenaires iii) la croissance externe à travers les acquisitions (exp : Ariba dans le cloud, Business Object dans le business intelligence, hybis dans e-commerce, succes facteurs dans le cloud, Sibase dans les applications mobiles, etc.

L'organisation de la R&D

Pendant des années, la stratégie d'innovation de SAP se trouvait être un objectif secondaire. L'entreprise était principalement dédiée au développement et l'équipe de recherche était relativement petite. D'après Maher Chebbo, Vice-President du segment "*Utilities Industry*" de SAP, l'équipe de recherche se composait seulement d'une centaine de personnes et par conséquent le nombre de brevets déposés était très faible. La réorganisation

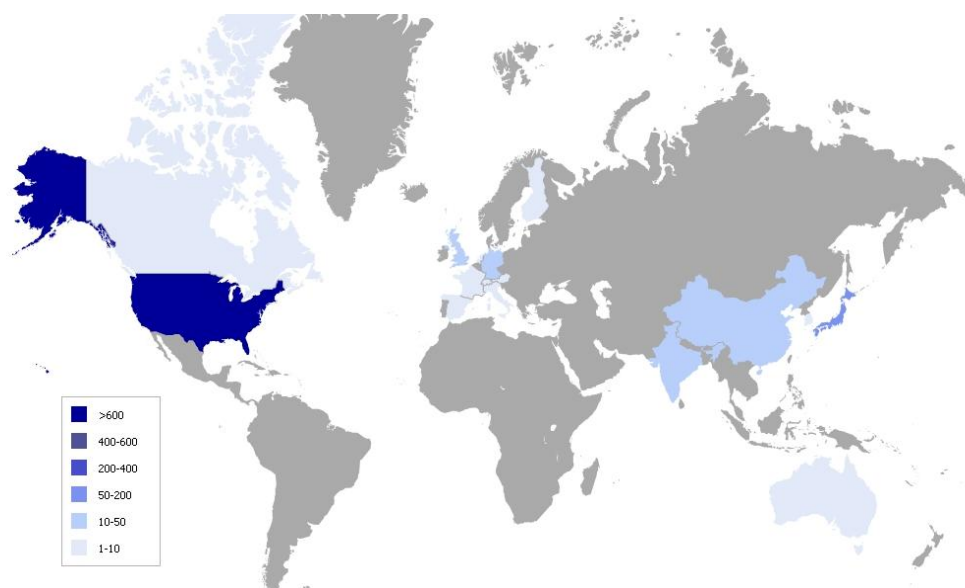
de la recherche à la fin des années 1990s a été suivie d'une augmentation notable de l'équipe de recherche et du nombre de brevets déposés. En 2012, environ 32% de l'effectif de SAP était dédié à la R&D. La figure ci-dessous montre l'évolution du nombre de brevets obtenus par SAP entre 1975 et 2013.

Figure A : la dynamique de l'obtention des brevets de SAP



Source : Questel-Qpad

La R&D de SAP est fortement internationalisée en direction principalement des Etats-Unis. Ainsi, une partie très importante de la R&D de SAP est faite à Palo Alto en Californie mais SAP a aussi des centres de recherche à Waldorf, Sophia Antipolis, Tel Aviv, Shanghai, Bangalore et Montréal. La figure B montre la répartition géographique du dépôt de brevet de SAP. On constate que SAP dépose principalement de brevets aux Etats-Unis (environ 87% de l'ensemble des brevets déposés).

Figure B. Répartition géographique des brevets par le pays de priorité

De même, les Etats-Unis sont le principal pays dans lequel SAP cherche à protéger ses innovations brevetées. L'importance stratégique du marché américain est expliquée par i) la taille du marché qui favorise les innovations d'usage et l'émergence des standards. ii) l'environnement innovateur avec des partenaires novateurs (tels qu'IBM, Business Object), des capital-risqueurs prestigieux (ABS Ventures, Vantagepoint venture partners), entre autres (voir le réseau de co-déposants dans la figure D). iii) le bassin des employés hautement qualifiés qui ont de l'expérience dans d'autres firmes du logiciel. iv) la veille technologique et l'accès au marché référent se fait principalement aux Etats-Unis (ANRT, 2006)

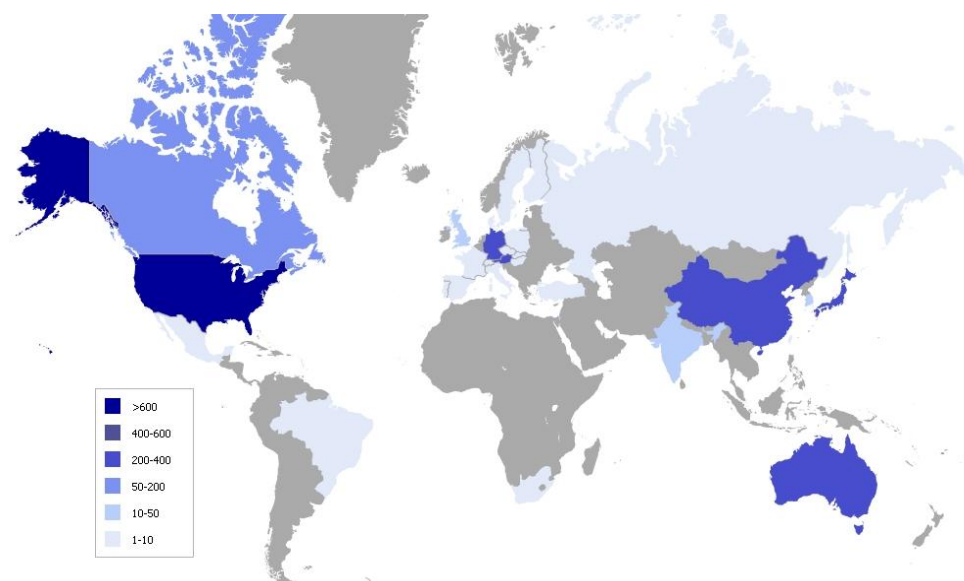
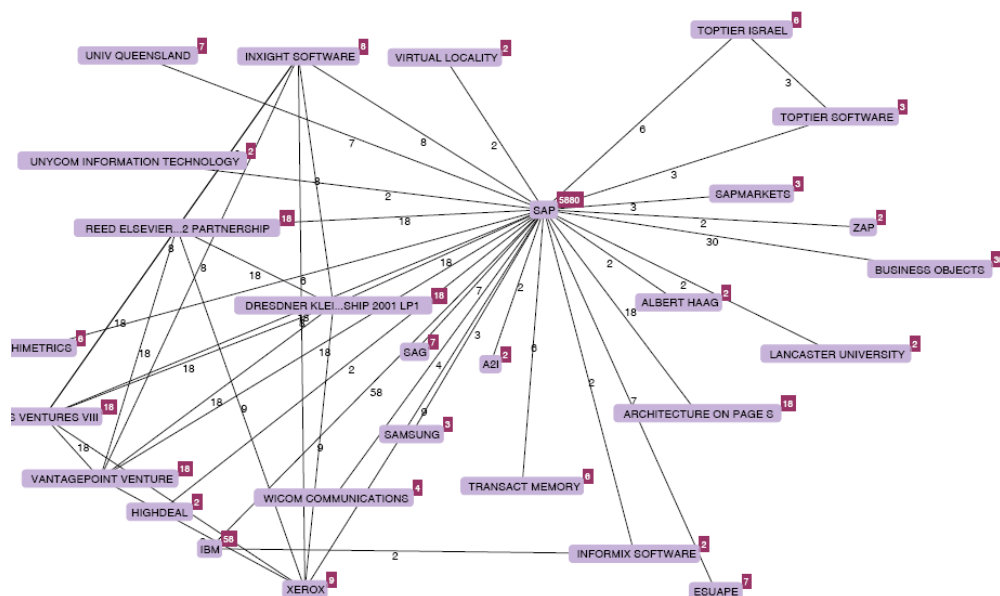
Figure C. Répartition géographique des brevets par le pays de publication

Figure D. Réseau de co-déposants d'au moins deux brevets de SAP



B- The political strategy for innovation in the European software industry

1. Introduction

There is a consensus among stakeholders that Europe needs to act now on innovation through a coherent specific political strategy. Software is essential for innovation, competitiveness and high quality job creation throughout different sectors. However, considering software is everywhere, the sector boundaries are very blurred. The aim of this paper is to highlight the European political reaction in recent years supporting the development and performance of the European software industry.

In fact, competition between economic and political regions of the world for a position in global software development is becoming a central element of supra-national, national and regional policies (NESSI, 2008). In 2007, Viviane Reding (*commissioner of information and society Media*) invited the industry to “*submit concrete ideas to help put together*” a European Software Strategy. As Commissioner Viviane Reding noted in a speech before European software leaders, “*The main significance of software is that it is everywhere. Today everything depends on software: all the Internet and telecommunications services; all machines from giant power stations, through advanced jet planes down to the simplest coffee percolator, all run on software.*”

We are interested on contrasting different sets of interests of stakeholders and industrial associations or lobbyist called by the European Commission (EC), to participate in building a European digital agenda. Others objectives are to understand the position of the European software industry. We analyze Europe's strengths and weaknesses, opportunities and threats presented by the different industrial associations in their "white papers" for the European commission. We are also interested on interpreting the range of policies adopted in recent years and the proposals from industrial experts (lobbyists) in order to understand if these pressures seem to change the European models towards a referent model: the American model. Figure 1 presents some of the general theoretical and empirical objectives from ICATSEM project targeted in this study.

Figure 1 Theoretical and Empirical objectives targeted in this study

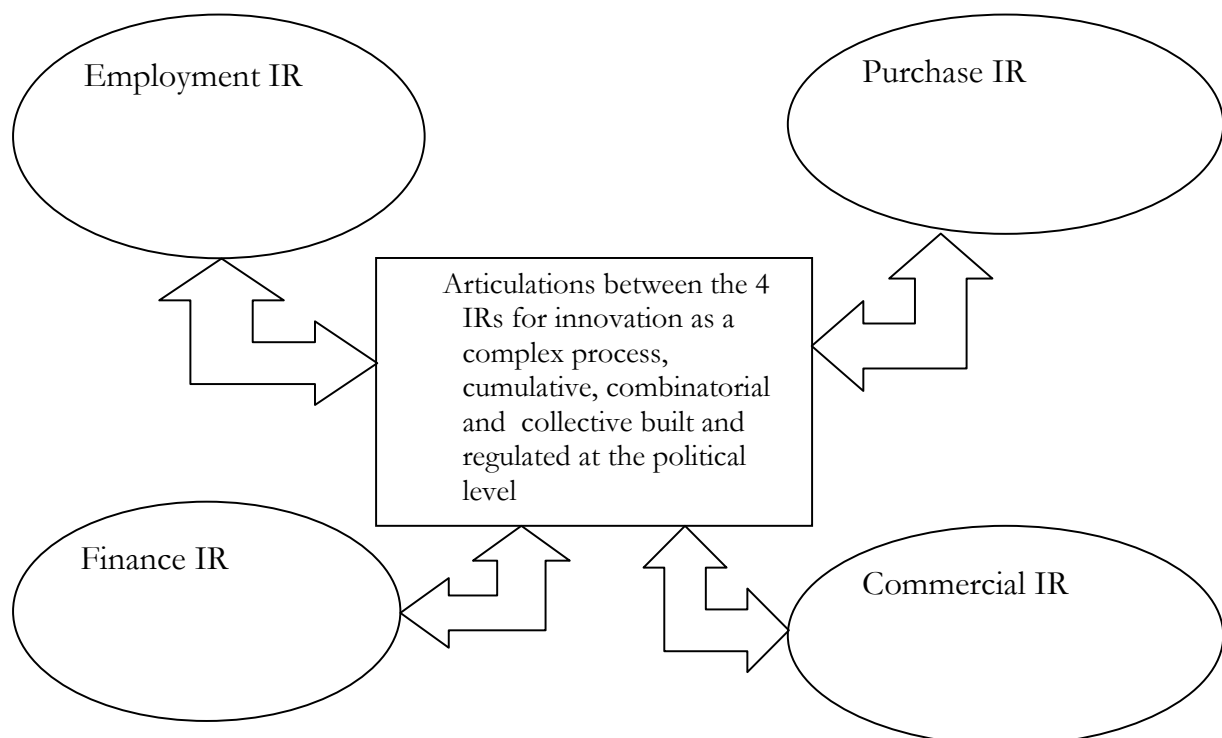
<i>Theoretical</i>	<i>Empirical</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Innovation as political construction 	<ul style="list-style-type: none"> • Understand policies to support the European software industry
<ul style="list-style-type: none"> • Study the 'political work' done by the stakeholders to obtain institutional changes 	<ul style="list-style-type: none"> • Review contrasting sets of interests of different stakeholders in software industry
<ul style="list-style-type: none"> • Analysis of firms and industries performances 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyze some structural characteristics of the European software industry
<ul style="list-style-type: none"> • Crisis in the industry? and their impacts on macroeconomic conditions and regulation 	<ul style="list-style-type: none"> • Understand some features and performances of the European software industry

The outline of this paper is as follows. Section 2 briefly considers software innovation as a political and regulated construction. We articulate the 4IR from Jullien et Smith(2008) to analyze the political construction of innovation and public regulation of software industry. In Section 3 we identify the European « political work » and the heterogeneous interests of the

different actors within the industry regulation. Next, we present the European commission calls to build a European Software Strategy (Section 3.1) and the *politicized problem* as why the European software industry have to be supported by the E.C (Section 3.2). This potential crisis should be put into perspective given the strengths and opportunities of Europe in some areas of the software (Section 3.3). In section 4, we review the policy framework which was established in recent years. We consider this policy framework as a cross-cutting framework (ITC, innovation and SME) almost without specific software policies (Section 4.1). After the call of the EC to build a strategy for the Software Industry in Europe, the different lobbyists presented their vision of the industry and its policy proposals to be undertaken by public policymakers. This study presents some actors positions: traditional industries are looking for regulatory advantages (section 4.2). The dominant actors are calling for political and technological neutrality (section 4.3). Open source Communities are looking for strong European Support to Open standards (section 4.4). Finally, we consider the general IR transformations with some consensus and oppositions between actors (Section 5)

2. Software Innovation as a political and regulated construction

Articulating 4 IR for Innovation : The political strategy for innovation in software industry in Europe. Innovation as a political and regulated construction



Innovation is usually defined as as the successful commercial introduction of a new product, service or process. More specifically, according to the OECD's *Oslo Manual* (OECD, 2005), innovation refers to the implementation of “*technologically new products and processes and significant technological improvements in products and processes*”.

Software innovation is considered as a dynamic complex process which is collective, cumulative, combinatory and highly risky (uncertain) in a globalized market. Software innovation is collective because software companies “openly” innovate with customers, suppliers, competitors, universities and research institutes, founders as venture capital funds, among others as they progressively more depend on outside innovation (Chesbrough, 2003). Scholars often consider software innovation as a complex process which is cumulative and combinatory (Bessen and Maskin, 2009). Software innovation is sequential because each *successive invention is builds on the preceding one*. Software innovation is complementary because *each potential innovation takes a different research line and thereby enhances the overall probability that a particular goal is reached within a given time*.

Software innovation is also a complex political process because *political work is omnipresent* in the regulation of the industry and its cause. The political work is a highly structured configuration of process, relation and expectations which is endogenous to each industry (Jullien and Smith, 2008). Software innovation is a political process because the innovation environment is built by actors in a political process and because all the strategies and negotiations within the industry have a political component. Government policies can impact significantly on software innovation through their role in the provision of both physical and legal infrastructures, which combined strongly impact software innovation environment.

Governments have an important role to play in software innovation at different levels. We summarize innovation as a political and regulated construction using the 4 Institutionalized Relationships (IRs) from Jullien and Smith (2008): employment, finance, production and sales.

Employment IR “*is the configuration of rules, actors and expectation through employer-employee relations are mediated*” (Jullien and Smith, 2008). Employment IR also

concerns the skill challenge necessary to software innovation as a creative human-capital intensive activity. Trained human capital is usually considered as the most important environmental factor for innovation of software development operations. Software innovation requires interactive learning that is collective and cumulative.

Finance IR “*concerns the institutions which structure how the firms of an industry manage their respective capital investments and operation cost*” (Jullien and Smith, 2008). Funding software development is highly specific because software is intangible. Thus, the structure cost of software development is particularly specific because software development does not require almost any infrastructure, investment is relatively low, marginal costs are near zero and there are significant network externalities. Venture capital is usually considered as a critical factor in helping start-ups bring innovative products and services to the marketplace. Scholars and policy makers usually consider the case of the U.S. which has a very well developed venture capital market as a referent model.

Purchase IR ensures the relationship between firms. This study is particularly interested in the emergence of norms and standards. Different elements are central in the purchase IR. First, software is a cumulative and combinatorial technology. Second, software is built in open source, closed source or hybrid models. The software landscape is increasingly interconnected. In some areas of software and service interoperability, the openness of standards determines if technology improvements can be locked-in by a particular Intellectual Property holder.

Commercial IR structures the selling and marketing of goods or service. This IR is very important in industry dynamics and innovation because the presence of network externalities or demand side economies of scale in the industry. While the size of the domestic market gives an institutional advantage to the U.S. software industry, an important weakness for European software industry is its market fragmentation. Another crucial Institutional advantage of U.S software industry is the first mover advantage in several segments markets.

Software innovation is also a complex political process which combines 4IR in different ways in order to implement new products and processes. The *politicized problem* is how to transform the 4IR to support innovation and which kind of innovation is required. Concerning which kind of innovation support, the *politicized problem* is related with the

emergence of standards and platforms. Innovation in software industry could be implemented through proprietary and OS models, through SME or dominant big players, among others. The political action has always been present and has constantly to define the objectives and the means in a innovation environment which is constant and rapid change.

In line with Jullien and Smith (2008), competition in software industry takes place not only between firms of an industry segment and through markets for good or services, but also through the quest for access to resources as labor (competent and versatile software engineers and managers), finance (as venture capital) and IPRs (as patents or the control of standards). The European Commission has done a lot to stimulate demand and remove the barriers to enable the successful adoption of ICT. Reduce market fragmentation, improve VC and finance especially for SME, to invest in education and support R&D and innovation with public funding.

3. Identifying the European « political work » and the heterogeneous interests within the industry regulations

Political work within the European software industry takes place thanks to a variety of actors who compete to construct complex alliances (linked with industry boundaries), which could be capable of winning a negotiation related to competition or industrial regulation. The sets of alliance in software industry are linked to sector boundaries that are extremely blurred and the performance related to “*the best institutions*” (For example: the best IPR mechanism for software protection and innovation which are politicized problems).

This study is interested in four kinds of problematization of issues and their politicization that are related with the construction of alliances in software industry. There are other kinds of problematization of issues and alliances which may be built in the industry and are not analyzed in this study.

The first sets of alliances in software industries may be established by industrial communities related with the market segmentation and the actors’ heterogeneity. Software industry is characterized by an important heterogeneity between actors as following:

Traditional actors

- *Software publishers (Editors) or Independent Software Vendors or Packaged Software companies* : “Packaged software” is defined by IDC “as programs or code sets of any type commercially available through sale, lease, or rental, or “as a service”. Packaged software revenue typically includes fees for initial and continued right-to-use packaged software licenses. These fees may include, as part of the license contract, access to product support and/or other services that are inseparable from the right-to-use license fee structure, or this support may be priced separately. Upgrades may be included in the continuing right of use or may be priced separately.”
- *IT Services companies*: the core business consists in developing custom software applications for a specific client.

New incumbents

- *Hardware companies that propose some IT services.*
- *Other ITC actors that provide services:*

The second groups of alliances are related to firms in other industries which produce embedded software. Markets for *embedded software*, particularly in strong European industrial sectors (Aerospace, Automotive, Railways, Telecommunications, Health-Care ...) are growing rapidly. As has been pointed out by the National Trade Association (2008), large European manufacturers together, perhaps hold today the strongest position in the world in the field of embedded systems and software. Embedded software producers are a politically powerful lobby in policy formulation related with embedded software innovation.

The third groups of alliances are related with heterogeneity in size distribution and power. Software industry is characterized by an important asymmetry in size distribution. The European software industry base is characterized by global companies and thousands of SME. A few big companies concentrate a high share of market. In 2008, the "Top 10" represents 43% of sales in France against 41% in Germany and 47% in the UK (see, Figure 1

on annexes). In addition, some American software companies as Microsoft and IBM are single powerful lobbyist in the European Commission. In 2009, Microsoft has estimated and reported € 1.3 million budget for "lobbying" according with the Alliance for *Lobbying Transparency and Ethics Regulation*¹¹⁵). On the other side, thousands of SME built alliances in different ways in order to defend their interest and ask for targeted policies to support its dynamics.

Finally, the last group of alliances analyzed in this study could be related with standards. Open source communities are usually against the strengthening of intellectual property rights (by software patents).

3.1 The EC calls industrials for position papers for a *European Software Strategy*

There have been several important statements by European Commission officials and Institutions in recent years. In 2006, The EC has started drafting the European Interoperability Framework (EIF) and the Architecture Guidelines (AG).¹¹⁶ In 2007, Viviane Reding (*commissioner of information and society Media*) invited the industry to “submit concrete ideas to help put together” a European Software Strategy.¹¹⁷ In 2008, the EC launched a public consultation in order to boost *Europe's leadership in ICT (Information and Communications Technology) research and innovation in the next decade*.¹¹⁸ In same year, the European Commissioner for Competition Policy, Neelie Kroes pointed out in her speech that “*for all future IT developments and procurement procedures, the Commission shall promote the use of products that support open, well-documented standards. Interoperability is a critical issue for the Commission, and usage of well established open standards is a key factor to achieve and endorse it*”.¹¹⁹

¹¹⁵ <http://www.alter-eu.org/fr>

¹¹⁶ <http://ec.europa.eu/idabc/servlets/Doc3665.pdf?id=31505>

¹¹⁷ “Towards a European Software Strategy”, to Truffle 100, Brussels, 19 November 2007, by Viviane Reding, Member of the European Commission responsible for Information Technology and Media, http://ec.europa.eu/commission_barroso/reding/docs/speeches/brussels_20071119.pdf.

¹¹⁸ <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/08/1287&format=HTML&aged=language=EN&guiLanguage=en>.

¹¹⁹ <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=SPEECH/08/317>

The answer to the EC from associations, which represent the interest of different group of alliances, has been widely varied. In order to contrast different positions, we take into consideration the following association's reactions or white papers:

EICTA, the European ICT Trade Association representing more than 10.000 ICT businesses in Europe.¹²⁰

NESSI – the Networked European Software and Services Initiative – was launched as a European Technology Platform in September 2005. Coordinated by 22 partners, it unites a community of 300 organisations from industry and academia active in Information and Communication Technologies.¹²¹

National Trade Associations, represent nine of the most dynamic national packaged software industries in Europe with 81% of European packaged software companies ranked in the 2007 Truffle 100 Europe study.¹²² The NTAs are AETIC (Spain), AGORIA (Belgium), ASSINFORM (Italy), BITKOM (Germany), ICT-OFFICE (The Netherlands), INTELLECT (United Kingdom), IVSZ (Hungary), SYNTEC INFORMATIQUE (France) and TEKNOLOGIATEOLLISUUS (Finland).

The European Software Association (ESA) is the voice of the European Independent Software Vendor (ISV) community (<http://www.europeansoftware.org/>)

OBOOE is a European initiative to bring companies and organisations related or using Free and Open Source Products closer together. Its goal is to create a network between national organisations to provide more knowledge and business interchange in the European IT sector¹²³. OBOOE is the voice of European OSS professionals. The members are organisations from different European countries representing national companies or

¹²⁰ <http://www.eicta.org/web/news/telecharger.php?iddoc=359>

¹²¹ <http://www.nessi-europe.com/files/PositionPapers/NESSI%20Position%20Paper%20on%20European%20Software%20Strategy%20.pdf>

¹²² National Trade Associations (2008), “*Position Paper Towards a European Software Strategy*”. Collection ThémaTic, Numéro 22.

¹²³ <http://www.oboee.eu/>

governmental bodies promoting OSS business. Together they represent hundreds of European companies and thousands of IT experts.

SAP white paper for the future Internet¹²⁴

The Computing Technology Industry Association (CompTIA) which is the voice of the world's information technology (IT) industry. Companies represented included: McAfee Inc, Cisco Systems, Autotask Corporation, NIIT Ltd, and Ingram Micro Inc, etc¹²⁵ 126

3.2 Why the European Software industry have to be supported by the EC?

The European software industry needs to be supported by the European Commission not only by its own performance (because the European Software industry is highly competitive) but in comparison with the US software actors, European actors lag behind. U.S. firms have a strong presence in European markets. Figure 3, show the number of software vendors in top200 European markets. US companies are among the most important in the European markets: 15 companies from the TOP20 software vendors in European markets are from US.

It is widely accepted that the United States dominates the software industry. In line with NESSI (2008), Europe has still a fragile software industry base characterized by few large software vendors, a myriad of small software vendors and a continuous flow of significant acquisitions of European companies by US vendors. The national Trades Associations makes a systematic comparison with the US software industry. It is usually claimed that in the European software industry “there are few success stories and serial entrepreneurs”. In fact, companies founded in Europe have rarely become large global leaders. Even more, SME have problems to grow. There are few medium-sized firms example; there is a lack of medium-sized firms in France. In contrast, US companies are

¹²⁴

[http://research-report-20092010.research-events.com/img/Toward a European Strategy for the Future Internet .pdf](http://research-report-20092010.research-events.com/img/Toward_a_European_Strategy_for_the_Future_Internet_.pdf)

¹²⁵ CompTIA (2008), « White Paper : Promoting the European Software Industry ». Brussels, 29 October. www.comptia.eu

highly powerful in comparison to European companies. Figure 4 shows the power of US firms in terms of R&D expenditure and sales. In 2009, top100 European software companies made 26.9 €billion in sales against 40,9 €billion in sales from Microsoft and \$16.2 €billion from Oracle. Similarly, Microsoft's R&D expenditures are 6.07 €billion while the Top100 European software companies R&D expenditures are 3.83 €billion in 2009.

The national trade associations (2008) consider that “the main problem suffered by European software is business related: how to turn excellent research into successful innovation and profitable business? Due to the lack of marketing and managerial skills, the trap many packaged software companies fall into is an insufficient anticipation of go-to-market and industrialisation phases. In this industry excellent R&D has often proved to be very counterproductive if not combined with excellent development strategy, marketing and a channel policy” (NTA, 2008).

For the NTA(2008), the main three issues that European policy targets should be aimed towards are: 1. Addressing the skills challenge (lack of qualified resources). 2. Designing a suitable framework to unleash the creative energies of software companies (Lack of an innovation friendly environment) 3. Better financing for innovation and development of software companies (Lack of financing of innovation).

For NESSi(2008), the European weakness and threats in software position are the following:

Weaknesses	Threats
Europe does not take technology leadership in the software, services and Internet area Europe suffers from a lack of large software players and the large number of small size SMEs are fragile and face many risks and competitions	Global players dominate the market in operating systems, interoperability, development platforms and tools, as well as in related standardization bodies
Europe's academic organisations and efforts are fragmented. Governmental procurement and EC R&D public funding policies are disconnected.	New developing countries, especially China and India, are emerging strongly in the area of software technologies
The current model of EC funded collaborative R&D projects has not	There is a risk of missing the starting signal for the new trends and developments and thus falling into

significantly evolved since the first Framework Programmes in the late 1980s with the consequence of a diminishing efficiency	the second tier for a long period or – even worse – being marginalized
European companies' involvement in industry on software standards and interoperability issues are insufficient.	The brain drain could weaken Europe's position

Source: Nessi (2008)

In terms of IR, the European commercial IR is strongly fragmented. High fragmentation in the European software market affects the emergence of large European software players which could be able to conduct software innovation. In comparison with the big U.S. market, European domestic markets are highly reduced. Software industry is characterized by high network effects which are a key issue because they can drive the market to de facto standardisation to the dominant player's product or process. "If positive feedback is very powerful, the strong get stronger and the weak get weaker. The end result in a world of increasing returns may be the leading product's becoming dominant and thus, the tendency of the market may be towards monopolization (RICHARDSON, 1997). Network effects can constitute a significant barrier to entry and lead to a collective lock-in in an established technology (SHEREMATA, 1997). Combined with economies of scale in production this creates the possibility of monopoly." (Hart and alli, 1999)

3.3 The European software industry has important positions in some areas

In contrast with the weakness and threats in the European software position, Europe has strong advantages in some areas of the software:

- 1) Services and application software.
- 2) Industrial software (including PLM, product life cycle), with a very active business community.
- 3) Embedded software.
- 4) Software technology smart card.
- 5) Open source with a strong presence within the open source community.

In line with NESSI (2008) the main strengths and opportunities for the European Software industry are followings:

Strengths	Opportunities
A good educational and theoretical research basis	The fast growing markets for Internet and mobile services as well as the markets for embedded software are growing rapidly
Strong secondary IT and software industrial sectors and an important number of small software vendors with growth potential	New low-cost PC-type products are emerging with major opportunities for OSS initiatives (Operating System, office suites, etc.)
Increasing and significant public funding of ITC R&D	Regional eco-systems and technology clusters emerge
A well developed base of global software houses and service companies A large community of open source software developers	Software standards are no longer driven by public bodies but by industry consortia which provide opportunities for European companies to promote their technologies and turn them into standards.
Emerging regional technology clusters (Pôles de Compétitivité in France, Kompetenznetzwerke in Germany, Poles of Innovative Technology in Netherlands)	e-government and e-services applications are being deployed at increasingly large scales

Source: Nessi (2008)

All these advantages are even more important because the industry is not stabilized and technology switches represent new opportunities for industry players in the global markets.

4. The policy framework which was established is cross-cutting (ITC, innovation and SME)

In recent years, a range of initiatives have been implemented to support ICT, SME and innovation, in Europe. Most of these policies were not directed to the software industry but for all ICT industries and innovation in Europe. Next, we present some cross-cutting policies implemented in Europe in the last decade. The goal is not to be exhaustive because there are many initiatives that impact software industry dynamics, but to take into account some European policies that support the dynamics of the sector.

For many years Europe has initiated two related processes: the harmonization of policies between states and the creation of a unified market. A particular attention has been paid to create a unified market for goods and services in Europe in recent years. For example: the DIRECTIVE 2006/123/EC on services in the internal market¹²⁷ or the proposal for a Council regulation on the Statute for a European Private (SPE) company¹²⁸. The SPE proposal “aims to reduce compliance costs on the creation and operation of businesses arising from the disparities between national rules both on the formation and on the operation of companies.”

Software industry is indirectly supported through policies to strengthen the innovative capacity of Europe. For example: the Sixth¹²⁹ and Seventh¹³⁰ Framework Programmes for Research and Technological Development from (2002-2006) and (2007-2013). In addition, the Competitiveness and Innovation Framework Programme (CIP) from (2007-2013)¹³¹ or the Information and Communication Technologies Policy Support Programme (ICT-PSP)¹³² with “*encourages a better take-up and use of information and communication technologies (ICT) and helps to develop the information society*”

Similarly, EU has been playing a role by encouraging private investment in ICT research through a number of initiatives: the Joint Technologies Initiatives (JTI)¹³³ or the European ICT Technology Platforms¹³⁴ or Pre-Commercial Procurement (PCP)¹³⁵ among other. Software industry is more directly supported through these types of initiatives. Other initiatives to support European SMEs have been launched in recent years. For example: the European Charter for Small Enterprises¹³⁶ (13 June 2000) or the Small Business Act for

¹²⁷ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:376:0036:0068:en:PDF>

¹²⁸ http://ec.europa.eu/internal_market/company/docs/epc/proposal_en.pdf

¹²⁹ http://ec.europa.eu/research/fp6/index_en.cfm

¹³⁰ http://europa.eu/legislation_summaries/energy/european_energy_policy/i23022_en.htm

¹³¹ http://ec.europa.eu/cip/index_en.htm

¹³² http://ec.europa.eu/cip/ict-psp/index_en.htm

¹³³ http://ec.europa.eu/information_society/tl/research/priv_invest/jti/index_en.htm

¹³⁴ http://ec.europa.eu/information_society/tl/research/priv_invest/etp/index_en.htm

¹³⁵ http://ec.europa.eu/information_society/tl/research/priv_invest/pcp/index_en.htm

¹³⁶ <http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sme/best-practices/charter/>

Europe¹³⁷ (SBA) adopted in June 2008. Finally, the Digital Agenda¹³⁸ for Europe which is one of the seven flagship initiatives of the Europe 2020 Strategy. This strategy aims to chart a course to exploit the social and economic potential of ICT and especially the Internet.

4.1. A call for specific policies and public support (there is not « a neutral position »)

There is a lack of policies supporting directly the Software industry in Europe. After the call of the EC to build a strategy for the Software Industry in Europe, the different lobbyists presented their vision of the industry and its policy proposals to be undertaken by public policymakers.

The contrast between the different positions is impressive but reflects the interest of actors that compose the alliances. The traditional industries are looking for regulatory advantages (especially for software publishers) for “innovative” European companies (section 4.2). The dominant actors are calling for political and technological neutrality (section 4.3). Open source Communities are looking for strong European Support to Open standards (section 4.4).

4.2 The traditional industries are looking for regulatory advantages (especially for software publishers)

The NTA (2008) white paper presents as a critical point to directly support innovative companies. The NTA proposes to create a status for “innovative enterprises” that would enable both the EU and Member states to support companies (such as packaged software companies) fitting within the new definition. Two main features should be taken into account:

1) A threshold will have to be established and “intermediate size companies” of up to a €100m should be eligible.

¹³⁷ http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sme/small-business-act/index_en.htm

¹³⁸ http://ec.europa.eu/information_society/digital-agenda/index_en.htm

2) Inside this new class of “innovative enterprises”, special attention should be paid to high potential growth and high growth companies often called gazelles. (which are companies with a growth rate of minimum 20%).

The main topic that concerns industrials is to identify innovative European software companies which integrate the NTA in order to make a targeted policy. The NTA expects an active policy to reduce labor cost “for any kind of employee during its first few years. Such a measure should be made possible thanks to the General Block Exemption Regulation on State Aids to come.” The NTA claims also for fiscal incentives by “deferring taxes to packaged software companies fitting within the “gazelles” definition”. This new definition of “innovative enterprise” should promote these targeted companies to “be eligible to receive R&D funding”. Finally, the NTA requires a larger support to medium-size companies which need to finance international expansion. Generally this companies seems “miss opportunities due to the lack of capital and are acquired by global leaders once they become stagnant above € 20m sales”.

The National Trade Associations propose to create a specific institution called the “European Software Innovation Programme” (EUROSOFT) that should be tested on a small scale software “innovative enterprises”.

The proposal to create institutions under the supervision of the NTA which would be able to target “innovative” companies with a potential to growth and deserve a strong support of the state is a key issue to understanding the position papers and requests for support to European Commission. EUROSOFT would be able to promote the emergence and growth of innovative actors by changing the different IR in order to promote a win-win process.

In this process, financial support is central to the emergence of success histories. EUROSOFT would be able to finance innovation process through a “100% coverage of IP costs” and “an involvement of successful entrepreneurs and managers (notably via NTAs) in the evaluation process (at least one per evaluation) to balance the technical point of view of experts. Other hands-on stakeholders such as venture capitalists, Business Angels or national and regional innovation support agencies should also be involved”. According to the NTA, public support should create incentives for venture capitalists to fund the “EUROSOFT” enterprises”.

Similarly, NTA claim to enhance the innovative capacity of firms through the strengthening of skills as well as the commercial capabilities of firms. Therefore, public support should cover all later stages of the innovation cycle: validation-pilot, go-to-market. The “European Software Innovation Programme” should provide “a high rate of coverage for these non R&D expenses: establishment of a business plan, translation costs, packaging and product marketing costs (cultural adjustment costs etc.)”.

The commercial capabilities of European software companies should be improved through a “EUROSOFT” label for companies with useful programmes in “different European languages and cultures”.

4.3 The dominant actors are calling for neutrality

For CompTIA who represent ITC leaders as McAfee Inc, Cisco Systems, Autotask Corporation, NIIT Ltd and Ingram Micro among others, European policy would be limited to addressing the skill challenge (For CompTIA the critical issue is the e-skills and human capacity building).

The more interesting ComTIA claim’s are for neutrality, standards and Interoperability and intellectual property. ComTIA claims for the neutrality of the European because “government preferences— whether they are through ‘lead market’ or ‘innovative procurement’, through targeted technological funding, or through tax incentives or other initiatives that expressly provide benefits to a single type of technology – risk manipulating a future that is very much in flux.” However, this allegation does not take into account the important industrial policy which was conducted by United States to support the emergence and dominance of software U.S. firms in the world. ComTIA claims to avoid a potential industrial policy because “the pace of technological change is far too rapid to guarantee that today’s decisions will be useful tomorrow”

The need for neutrality is specifically requested regarding intellectual property. Indeed, the major players in the global software industry are interested in a robust system of Intellectual property. In this sense, CompTIA hopes that the European Commission maintains “Europe’s robust copyright, patent, trade secret and other IP protection relevant to software”

and works “to improve the efficiency and effectiveness of IP enforcement”. This specially to promote SME access to a more "affordable and more efficient" patent system. The European Commission should to participate in the consolidation of a market of knowledge through encouraging “IP owners to protect or to share their IP in various ways that enable them to build viable businesses and meet customer needs”.

Finally, the third aspect of neutrality is linked to Standards and Interoperability. CompTIA considers that “technology can be stifled through any number of policies that can create indirect mandates. For example...Using only open source software in government procurement drives R&D revenue to a particular type of technology, creating an unnecessary shift in the market”. CompTIA hopes to avoid any financial support to technological standard (specially Open Source software) at the European level. This is a major political confrontation that faces the dominant players in the industry which use proprietary technology.

4.4 Open source Communities are looking for strong European Support

On the other side of CompTIA which represents global dominants players with proprietary technology, the Open Source Business Organisations of Europe (OBOOE) represents European OSS professionals. OBOOE request for an important support to OS standards. According to this institution the EC should support the market of OS software through public procurement of Open standards. OBOOE request the EC to support market initiatives that clarify Free/Open source adoption. On the contrary, OBOOE request to “support market initiatives that discourage proprietary lock-in” and to correct policy strategies “that implicitly or explicitly favour proprietary software”.

Other Europeans Institutions and actors support OS movements. For the Networked European Software and Services Initiative the main goal of public policy must be to “increase the efficiency of the European Community’s Research & Development by taking advantage of existing eco-systems and structures (Technology clusters, Open Source community, European Technology Platforms and other similar means).”(NESSI, 2008)

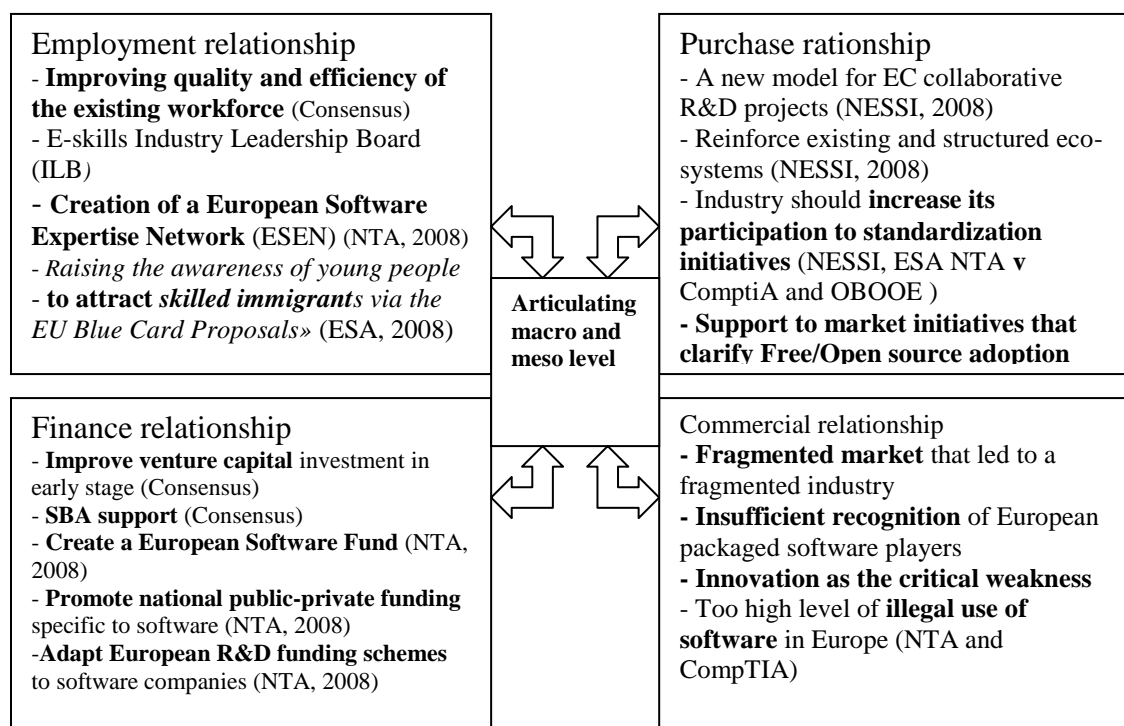
In contrast to the NTA and CompTIA, NESSI consider that Europe needs to strengthen the use of open source software. Additionally, NESSI present 3 strategies to establish a regional European excellence in the software industry. The first strategy is related

with “joining the forces of European Technology Platforms, their stakeholders, industry, European Commission and Member States”. The second strategy have a more regional direction because the objective is to link “regional competences across countries in Euro-Regions”. Finally, NESSI considers that Europe should look for a more coherent strategy by “linking European and regional technology roadmaps, development plans and pilots”.

5. IR transformations: some consensus and oppositions

The different positions white papers reflect the heterogeneous interest of actors that compose the alliances. As we said, the traditional industries are looking for regulatory advantages (especially for software publishers) for “innovative” European companies. The dominant actors are calling for political and technological neutrality and Open source Communities are looking for strong European Support to Open standards. However, there are several objectives in which the actors could be able to concert a settlement. Figure 5 summarise the main consensus and oppositions about what is required or not in public policy.

Figure 5. IR transformations: consensus and oppositions



Source: NESSI(2008), CompTIA(2008), ESA(2008) OBOOE(2008), NTA(2008)

As we've said before, employment IR “is the configuration of rules, actors and expectation through employer-employee relations are mediated” (Jullien and Smith, 2008). Employment IR also concerns the skill challenge necessary to software innovation as a creative human-capital intensive activity. For this IR there is a consensus about the need to improve quality and efficiency of the existing workforce. We note some differences about the way to accomplish this target.

The National Trade Associations recommended the creation of a “*European Software Expertise Network*” (ESEN) “to improve the existing workforce in software engineering and management/go-to-market”. This institution “will be created by NTAs and existing Software Expertise Centres (academic and private organisations) such as Sirris Software Engineering in Belgium, Software~VOC -professor Brinkkemper - University Utrecht in the Netherlands or the European Software Institute launched by the European Commission with the support of the Basque Government in Spain. ESEN will act as a hub networking all existing players and facilitating cooperation between them” (NTA, 2008). The objectives and projects of ESEN “will be based on the analysis of the needs of software companies, members of the different NTAs, and on the availability of competencies in the different software expertise centres all over Europe.” (NTA, 2008)

For CompTIA, it is necessary to support existing efforts from the many committees and recommendations previously made, including the European e-Skills Forum, the ICT Task Force Report, the European Commission’s Communication on “e-Skills” for the 21st Century. CompTIA consider that is necessary to implement existing recommendations by the e-skills ILB which its members participated to formulate.¹³⁹

As we've noted before, the finance IR “concerns the institutions which structure how the firms of an industry manage their respective capital investments and operation cost” (Jullien and Smith, 2008). Funding software development is highly specific because software is intangible. National Trade Associations policies recommendations concerning finance IR are three: First, “benchmark and promote national public-private funding mechanisms adapted or specific to software within the framework of the European Software Strategy”. Second, Creation of a “European Software Fund” within the existing instrument run by the European

¹³⁹ <http://www.e-skills-ilb.org/members.aspx>

Investment Fund. Third, is the Adaption of European R&D funding schemes to software companies.

Contrary to the Open Source Business Organisations of Europe who ask for support Open standards by public sector procurement, CompTIA considers that fund only one type of technological development could draw talent away from innovation. “The concept of technology neutrality should extend equally to technology skills as it does to other aspects of the technology sector. Government public policy should focus on promoting fundamental skills that provide the framework for general technology development and technology use. Where specific technical talent is to be funded, government funding should be generally available to all technology options. Specific technical development should come largely through multi-stakeholder partnerships, and industry-led skills training programmes.” CompTIA (2008)

These contrasting views about the financial support of a technology standard joins the problems related to the Purchase IR within the industry. The most important debate is related to the role of government and industry in the initiatives of standardization, interpretability and property rights. For NESSI, ESA and NTA, industry should increase its participation to standardization initiatives. This position contradicts the position of CompTIA which recommend the “technological neutrality” of public action.

In addition, there is a strong controversy between actors around software patents in Europe. Those in favour of patenting software include trade ministers and high-tech European companies, such as Nokia, Ericsson, SAP, Philips, and Siemens. They consider that software patents are necessary for Europe to compete against the United States and Japan, countries in which software patents are accepted. Some US firms as Microsoft which are represented by the Business Software Alliance have also argued that patents provide a powerful incentive to invest in research and development. On the contrary, the open-source software movement, the Open Source Business Organisations, among others, prefers copyright, rather than patents, as the most appropriate mechanism for protecting software innovations. In 2002, the European Commission launched a proposal for a directive to ensure legal protections for software throughout the EU. This proposal recognized the ambiguity of the status of computer-implemented inventions (including software) because member states make sense of patent law differently from one another and from European Patent Office (EPO). The Directive on the

Patentability of Computer-Implemented Inventions was rejected on 6 July 2005 by the European Parliament. Consequently, individual member states will still decide the matter internally.

Finally, there is a consensus on the need to create a unified market in Europe. There is a consensus on the need to create a unified market because it is widely accepted that the costs to cope with the complexity of the European market are high. In addition, for NTA and CompTIA is necessary to reduce the high level of illegal use of software in Europe.

Conclusions

The political construction of innovation and public regulation of software industry was conducted in diverse but related process. In this study, we briefly review three processes: the harmonization policies between states, the creation of a unified market and the construction of a cutting framework (ITC, innovation and SME) almost without specific software policies. Accordingly, this study considers that Europe is between a regulatory harmonization and the search for its own model to support software development and compete in global markets.

We also argue that some of the policies implemented in recent years have tended to imitate some policies and institutions of the United States. For example: The SBA European act is largely based on the SBA American. In terms of financial support for the software industry, Europe has been moved towards the American model by increasing the role of finance in firm's management through venture capital and financial markets, among others. There is also a progressive tendency to strengthening of intellectual property rights for software through the legislative mechanisms used to harmonize EU member states' laws for computer related patents

All this policy changes are political construction which actors have developed over time. The software industry political work also reveals the conflict between dominant and dominated actors through alliances according with different targets in software regulation. The political work in software industry is a way of asking to targeted public support, creating barriers to entry and maintaining the control of the markets through standards and IPR. These political works have involved collective action which has regularly been conflictual.

Nevertheless, we consider that their cumulative result in Europe has been a tendency to imitate US dominant model of regulation.

Finally, in terms of the policy recommendations, we consider that a strong European strategy is needed to support the emergence of an alternative technology standard as Open Source Software. The emergence of this standard should be supported by the presence of innovative SME European companies as well as big European software actors and institutions capable to conduct the rapid technological change.

Annexe 1- La naissance et le développement d'Internet

Les développements technologiques qui ont conduit à l'Internet ont tous été conçus et mis en œuvre dans des institutions gouvernementales, des universités, ou des centres de recherche publics : depuis l'ARPA (Advanced Research Projects Agency) qui travaille dans l'orbite du Pentagone et a mis au point l'ancêtre d'Internet, l'ARPANET ; en passant par la création du World Wide Web par Tim Berners-Lee, un programmeur travaillant au CERN de Genève, jusqu'aux avancées les plus récentes, réalisées au sein d'un consortium ancré au MIT et à l'INRIA.

Les réseaux constitutifs d'Internet ont été progressivement transférés à des initiatives privées, qui ont assuré le succès universel qu'il connaît aujourd'hui grâce à la mise en place des normes ouvertes ainsi qu'à la qualité du système d'adressage du réseau. Le processus d'émergence d'Internet n'a pas été spontané. Le secteur privé s'est intéressé quand le développement de la numérisation et des usages d'Internet ont commencé à gagner le grand public. Un exemple frappant de cet intérêt tardif est la privatisation manquée de l'ARPANET, en 1972 : lorsque le directeur du projet songea à confier la gestion opérationnelle de ce réseau à AT&T, la compagnie refusa, après avoir fait analyser la proposition par un comité d'experts des laboratoires Bell (Curien et Muet, 2004). À l'époque, AT&T était beaucoup plus intéressé au développement du téléphone analogique qu'à la transmission de données digitales entre ordinateurs.

En 1988, le réseau ARPANET s'est transformé en Internet quand la NSF (National Science Fondation) a commencé une politique d'interconnexion avec les réseaux privés, accompagnée d'une politique active de transfert vers l'industrie. Selon Curien et Muet (2004), dans l'esprit des administrations qui se succédèrent, l'ouverture aux investissements privés et la coopération avec l'industrie ont constitué en effet le meilleur moyen de favoriser le développement du réseau et des technologies associées. L'objectif était double : d'une part, doter les États-Unis d'une infrastructure informationnelle efficace; d'autre part, renforcer l'avancée de l'industrie informatique américaine dans les technologies numériques.

Cette politique a été terminée en 1998, lorsque la responsabilité du développement d'Internet a été transférée de la NSF au Département du commerce. Ainsi, le rôle du gouvernement américain a été déterminant dans l'émergence et la promotion d'Internet : la politique de transfert à l'industrie a donné d'abord naissance à un tissu industriel spécialisé ; puis l'autorisation des applications industrielles et commerciales, à partir de 1995, a incité le secteur privé à investir dans l'Internet, ce qui explique l'abondance de l'offre de services en ligne observée à partir de cette date. (Curien et Muet, 2004)

C- Etude de cas sur la complexité des business model des moteurs de recherche.

1. Particularités technologiques des moteurs de recherche et ses implications dans l'hétérogénéité de la firme et dans le conflit.

Le Web est devenu populaire dans la première moitié des années 90. Il a pour fonction de permettre aux utilisateurs d'accéder aux contenus fournis par d'autres utilisateurs. Tout ce que les consommateurs doivent faire c'est fournir une pièce de logiciel-client appelée un navigateur Web avec l'URL (Uniform Resource Locator, populairement dénommée «Web address»). Durant les premières années du Web, les consommateurs ont découvert l'URL, en le recevant par e-mail, en le regardant sur les côtés des autobus et en trouvant des « hot-links » provenant d'autres pages Web («web-surfing»). Avec l'augmentation du volume d'informations et du nombre de pages dans le net, ces moyens sont devenus inadéquats. De nouveaux services sont alors nécessaires pour satisfaire le nombre croissant d'utilisateurs. La découverte des contenus des pages Web dépend de la construction d'un index de disponibilité du contenu. Les techniques pour le faire existent depuis des années. Dans les premières années de l'ère du numérique, entre 1970 et 1980, des logiciels ont été développés pour automatiser à la fois l'indexation de gros volumes de texte et l'application de cet indice à la découverte de documents correspondant aux différents besoins des utilisateurs.

Plus tard, ces logiciels ont été développés et adaptés à de nouveaux contenus du Web pour créer des «moteurs de recherche ». L'internaute cherche des termes clés dans le navigateur Web. Ces derniers sont transmis à un moteur de recherche qui trouve un index et transmet les résultats à un « Formater », qui apporte une réponse à l'utilisateur. Cela est possible car dans une phase antérieure, des logiciels spécialisés appelés *web-spider*, *crawler* ou *robots* ont fait un tri sur le net. Un *web spider* télécharge des pages web et place des copies dans un stockage intermédiaire d'une application particulière communément appelé *cache*. Un *Indexer* crée un index d'occurrence des mots (ou de chaînes de lettres) qui télécharge le contenu des pages web.

Les moteurs de recherche ont favorisé l'efficacité et l'utilisation du Web à de nombreux niveaux, permettant ainsi la création de nouvelles affaires. C'est le cas par exemple d'Altavista qui a été le plus important moteur de recherche entre 1996-1998. Ces propriétaires

ont eu l'intention de passer d'un service gratuit à un service payant. Dans la moitié des années 90, le Web est devenu un véritable succès car son utilisation est devenue plus facile. Une multitude d'innovateurs enthousiastes ont développé des applications et des services sur le Web afin de rentabiliser et de commercialiser leurs investissements. En 2008, les dix principaux moteurs de recherche qui offrent une grande variété de services et d'applications sont : Google, Yahoo, Msn (Microsoft), AOL, MySpace, Ask, eBay, Craigslist et facebook à eux ils représentent 97% des toutes les recherches faites aux Etats Unies.

Il existe plusieurs technologies liées aux moteurs de recherche. On va s'intéresser particulièrement à trois grandes catégories de technologies de recherche de l'information qui vont d'un côté, délimiter l'hétérogénéité de la firme et d'un autre côté, fournir des potentiels espaces de conflits entre les firmes.

Typologie des moteurs de recherche

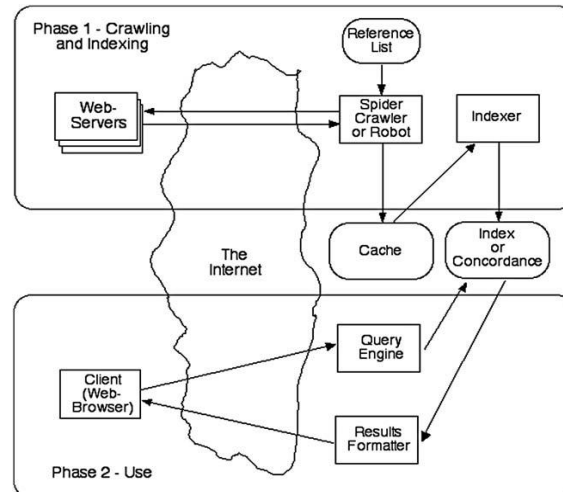
Dans la première catégorie, on retrouve les technologies de recherche sur le net, appelées couramment « *moteurs de recherche d'Internet* ». Ces technologies sont des logiciels¹⁴⁰ (applications) permettant de retrouver des ressources (pages web, forums Usenet, images, vidéo, fichiers, etc.) associées à des mots quelconques sur le net.¹⁴¹ En effet, les logiciels sont des algorithmes qui expriment des consignes par lesquels l'homme dicte un comportement à une machine. Un outil de recherche sur le web constitué de « robots », encore appelés *bots*,

¹⁴⁰ Aussi appelés Algorithme, il s'inscrit dans la typologie d'objets informatiques proposé par Dream (1996) et Meyer et Lehnerd (2002). Les systèmes d'exploitation, les outils de développement et de programmation et les logiciels d'applications. Ces trois catégories sont différentes dans leur fonction au sein du système informatique et dans leurs possibles utilisations. Cette typologie, adaptée par Coris (2004), nous permet de comprendre la multi complexité du système informatique. On a une première couche qui représente la partie matérielle de l'ordinateur en tant que machine. Dans la deuxième couche on retrouve le système d'exploitation qui est le nœud de comptabilité du système informatique permettant entre autres, la communication des logiciels avec la machine (Dream, 1996). Les outils de développement de logiciels (troisième couche) permettent de développer l'ensemble des logiciels. Cette catégorie recouvre les langages de programmation, les outils de développement graphique, les bibliothèques de composants ou les plateformes de développement logiciel. Finalement, la quatrième couche représente les logiciels d'applications. Ils regroupent l'ensemble des programmes nécessaires à l'ordinateur pour la résolution d'un problème donné. Comme le montre Coris (2004), les applications peuvent être divisées en 2 catégories, d'une part les logiciels « de masse » et le prologiciel (produit-logiciel) pour appuyer le caractère générique du logiciel et d'autre part, les logiciels dédiés à une application précise et unique ou à une application spécifique à une industrie. Cette définition large du type de logiciel met en évidence la différenciation de la production s'il est question d'un prologiciel destiné à être produit en série ou alors d'une application spécifique ne concernant qu'un unique utilisateur final. (Coris, 2004)

¹⁴¹ On trouve également des *métamoteurs*, c'est-à-dire des sites web où une même recherche est lancée simultanément sur plusieurs moteurs de recherche (les résultats étant ensuite fusionnés pour être présentés à l'internaute) — on peut citer Mamma, Kartoo, Seek.fr, etc. Plus récemment, on trouve également des annuaires qui exploitent des systèmes de folksonomie à base de *tags* (ou étiquettes) positionnés par les internautes.

spiders, *crawlers* ou agents qui parcourent les sites à intervalles réguliers et de façon automatique (sans intervention humaine, ce qui les distingue des annuaires) pour découvrir de nouvelles adresses (URL). Ils suivent les liens hypertextes (qui relient les pages les unes aux autres) rencontrés sur chaque page atteinte. Chaque page identifiée est ensuite indexée dans une base de données, accessible ensuite par les internautes à partir de mots-clés (Wikipedia, 2008; voir la Figure 37). Dans la seconde catégorie, on a des applications de recherche d'information que ne s'utilisent pas seulement sur le net : certains moteurs sont des logiciels installés sur un ordinateur personnel. Ce sont des moteurs dits *desktop* qui combinent la recherche par les fichiers stockés sur le PC et la recherche par les sites web, on peut citer par exemple Exalead Desktop, Google Desktop et Copernick Desktop Search, etc. Ces types de technologies permettent d'avoir accès à des bases d'information plus importantes et elles doivent être intimement liées aux systèmes d'exploitation de la machine (Wikipedia, 2008). Pour finir, la troisième catégorie est un ensemble *d'applications adaptées à un grand nombre d'appareils numériques* (tels que les téléphones portables, les appareils photos, les GPS, les vidéo caméras, etc).

Figure 35. Fonctionnement d'un moteur de recherche



Source : Wikipedia

Les principales entreprises d'Internet qui possèdent ces trois grandes catégories de technologies de recherche d'information se battent donc pour le contrôle de l'organisation, de la recherche et de la récupération de toutes les informations numériques, sur tous les types d'appareils numériques. Collectivement, ces marchés sont beaucoup plus importants que le marché existant pour les services de recherche. (Ferguson, 2005). Jusqu'au milieu des années

2000, la concurrence dans le secteur de recherche a été limitée sur le Web et a été réalisée d'algorithme en algorithme, de fonction en fonction et de site en site. Cette concurrence a donné lieu à un duopole *Google* et *Yahoo*. Un troisième acteur du secteur, *Microsoft*, est rentré tardivement sur le marché mais du fait de son expérience, il a pu s'imposer et faire basculer l'ordre établi. Par ailleurs, la rentrée de *Google* sur le marché des logiciels avec son puissant « business model » pourrait mettre en danger la position dominante de *Microsoft* dans d'autres domaines logiciels.

2. L'industrie des moteurs de recherche : une industrie concentrée et bipolaire

On va définir les entreprises qui nous intéressent tout au long de cette étude de cas. La décennie précédente a vu l'émergence des plusieurs moteurs de recherche offrant une grande variété de services et d'applications sont : AOL, Google, Yahoo, Msn (Microsoft), Amazon (A9.com), MySpace, Ask, eBay, Craigslist et facebook. Ils représentent 97% des toutes les recherches faites aux Etats Unies en 2008.

Altavista et AOL ont été les premiers moteurs de recherche avant l'arrivée de Google qui les détrôna. Les quatre entreprises qui les suivent (Yahoo, Google, Microsoft, Amazon) sont considérées par les spécialistes en Internet et les nouvelles technologies de l'information comme le « *Big 4* » d'Internet. Elles sont donc les quatre plus grandes entreprises d'Internet aux Etats- Unis. De plus, les trois premières entreprises, plus Baidu, sont les quatre premiers moteurs de recherche sur Internet dans le monde, en termes d'utilisateurs. Elles seules représentent environ 80% des recherches.¹⁴²

On remarque donc, une industrie très concentrée. Aux Etats-Unis, 60% de la recherche utilisée pour la publicité est aujourd'hui contrôlée directement par Google; 74% des recherches dépendent de Google indirectement à travers des « partenariats » technologiques et financiers. Le Tableau ci-dessous nous montre la création des principales entreprises d'Internet et leur positionnement sur trois périodes distinctes : 1998, 2004 et 2008. A la fin des années 90, Altavista et AOL étaient les firmes leaders du secteur suivies de près par

¹⁴² Selon une étude du cabinet Comscore réalisée en août 2007: Google, (environ 60% des 61 milliards de recherches sur Internet) Yahoo, (8,5 milliards de recherches, soit 14% du total) Baidu, "le Google chinois" qui monte en puissance (3,3 milliards de requêtes, soit 5,4% du total), Live Search, (Microsoft) (2,1 milliards de recherches, 3,4%).

Yahoo. Dans cette même période, une jeune start-up innovante rentre sur le marché, il s'agit de Google. Cette dernière commence une incroyable ascension : en 2000 Google devient le moteur de recherche le plus complet au monde, en référencant un demi-milliard de pages Web. Entre 2000 et 2004 le nombre d'accords et de services novateurs se multiplie. En février 2002, Google lance son programme publicitaire self-service Adwords et se positionne sur le marché des liens promotionnels. En 2003 Google lance le service de blogs et en 2004 elle lance Gmail, un service de webmail gratuit incluant des liens contextuels selon le contenu des messages. Cette importante offre de nouveaux services le permet de gagner des plus en plus d'audience et de se consolider comme l'acteur de référence.

Tableau 21. Positionnement des différents acteurs en matière de moteurs de recherche

Société	Création	Place en 1998	Place en 2004	Place en 2008
Altavista	1995	Leader	2003- Overture rachete AltaVista	Yahoo rachette Overture en 2004
Yahoo	1995	2ème	2ème	2ème
Microsoft	1975	-	Firme entrant	3ème
Google	1998	Firme entrant	Leader	Leader
AOL's TW	1985	Troisième	3ème	Fournis par google à partir de 2006
Amazon	1994	-	Firme entrant fournis par Google	Fournis par google
Baidu	2000	-	Entrant en 2000; leader en Chine	4 ième au monde; leader en Chine

Source: élaboré par l'auteur

Néanmoins, de nouvelles firmes s'intéressent au marché des moteurs de recherche et commencent leur activité. L'un de ces nouveaux concurrents est Microsoft, puissante entreprise fondée en 1975 qui s'est consolidée comme l'un des leaders mondial des technologies de logiciels. Elle a lancé une version bêta, ou test, la version d'un moteur de recherche textuel en anglais afin de fournir des résultats personnalisés pour des utilisateurs situés dans des lieux géographiques différents. Microsoft a également créé d'autres logiciels de recherche pour son navigateur Internet Explorer et pour ses applications d'Office. Le fait que Microsoft développe son propre moteur de recherche du Web et du bureau est important car cette entreprise a préféré les aléas du développement d'un nouveau projet que le recours direct au marché (à travers le rachat d'une firme bien établie ou d'un partenariat technologique).

Entre 2004 et 2008, Google a continué à gagner des parts de marché alors que ces concurrents ont beaucoup de mal à le suivre. Selon les experts du secteur, l'industrie des moteurs de recherche serait une industrie bipolaire avec Google d'un côté et Microsoft de

l'autre. En 2008, Microsoft a essayé d'aligner Yahoo de son côté à travers une offre d'achat de 44 milliards. Mais, après un refus, Yahoo a rejoint l'orbite de Google à travers un partenariat économique et technologique. Avec les partenariats, on constate la puissante domination de Google qui selon Cleland (2007) est capable de proposer à ses partenaires un prix supérieur à celui du marché. En effet, Google compte un grand nombre de partenaires qui sont eux-mêmes des moteurs de recherche et d'importants groupes de Média. Entre les principaux partenaires, on retrouve par exemple ; Amazon qui a lancé en 2003 le moteur (A9.com), une technologie mise en place sur la base de Google. AOL's Times Warner rentre aussi en partenariat avec Google à partir de 2006. On trouve également d'autres partenaires tels que le quatrième groupe mondial de Communication « Publicis ». Pour finir, la liste des entreprises d'Internet alignées du côté de Microsoft est moins longue. On remarque, le partenariat stratégique avec une firme innovante qui est arrivée à s'imposer en matière de réseau social. Cette firme s'appelle Facebook qui a commencé sa collaboration avec Microsoft en 2007.

Pour les leaders du marché, le nombre d'utilisateurs qu'ils arrivent à capter est le déterminant de sa puissance. La domination des entreprises américaines ne se fait pas uniquement aux Etats-Unis mais également dans le monde entier. Le marché qui est devenu le principal obstacle pour le géant américain a été la Chine. En 2005, Google vise ce marché de plus de 494 millions d'internautes (fin mai 2007). Ce déploiement sur le marché chinois s'est vu accompagné d'une prise de participation de 5% sur le capital de Baidu, jeune entreprise chinoise devenue 4^{ème} au niveau mondial grâce aux spécificités du marché. En effet, Baidu fait 60% de recherches en Chine.

3. Les principales firmes : hétérogénéité et évolution des « business model »

Comme on l'a observé précédemment, l'industrie des moteurs de recherche est fortement concentrée et bipolaire. Cette bipolarité obéit en grande partie à l'hétérogénéité des firmes (d'un point de vue évolutionniste les firmes sont hétérogènes car elles sont différentes entre autres dans : les bases des connaissances, les processus d'apprentissage et d'expérimentation, les interactions spécifiques des firmes avec la demande, l'histoire des entreprises, etc...). La vision du contrôle stratégique (managers et scientifiques) est fondamentale dans la compréhension qu'a la firme de son environnement technologique et concurrentiel. De ce fait, la firme établit les conditions et les lignes des produits dans lesquels

elle peut survivre. Le Tableau ci-dessous, nous présente les choix stratégiques qui délimitent l'hétérogénéité des Business model de l'industrie.

Tableau 22. Business Modèles Hétérogènes

<i>Business Model de Microsoft</i>	<i>Business Model de Google</i>	<i>Business Model de Yahoo</i>
<p>Axé sur la technologie des logiciels</p> <p><i>"We develop and market software, services, and solutions that we believe deliver new opportunity, convenience, and value to people's lives."</i></p> <p>La technologie de Microsoft fonctionne, de l'individu au monde</p> <p><i>"our mission is to enable individuals and businesses throughout the world to reach their full potential."</i></p>	<p>Axé sur la technologie de Recherche</p> <p><i>"a global technology leader focused on improving the way people connect with information."</i></p> <p>La technologie de Google fonctionne, du monde à l'individu</p> <p><i>"our mission is to organize the world's information and make it universally accessible and useful."</i></p>	<p>Axé sur le marketing et appelé aussi modèle de renforcement de marques.</p> <p><i>"leading global Internet brand and one of the most-trafficked Internet destinations worldwide."</i></p>
<p>Fournisseur de contenu</p> <p>Microsoft avec son contenu « MSN propriétaires » cherche à monétiser son propre contenu et celui aussi de leurs sociétés affiliées.</p>	<p>Accès au contenu</p> <p>Google indique qu'il travaille pour les utilisateurs, annonceurs et fournisseurs de contenu. Google n'est pas un fournisseur de contenu exclusif, mais un fournisseur d'applications propriétaires, qui permet à l'ensemble des fournisseurs de contenus (concurrents de Yahoo et MSN) de monétiser leur propre contenu.</p>	<p>Fournisseur de contenu</p> <p>Yahoo dit qu'il travaille pour les utilisateurs et les annonceurs. Yahoo cherche à monétiser son propre contenu et également celui de leurs sociétés affiliées.</p>
<p>Microsoft est principalement axé sur le service à un sous-ensemble d'audience de l'Internet.</p>	<p>Google se concentre sur le service à l'ensemble du public de l'Internet. De ce fait, il a développé ses applications en 112 langues différentes (CA à l'internationale).</p>	<p>Yahoo est principalement axé sur le service à un sous-ensemble d'audience de l'Internet. Il a développé ses applications en 20 langues différentes.</p>
<p>MSN est un détaillant du contenu d'Internet (<i>content retailer</i>).</p> <p>Microsoft / MSN est directement en concurrence avec la plupart des grands fournisseurs du contenu d'Internet alors que Google ne l'est pas.</p>	<p>Google est une technologie grossiste (<i>wholesaler</i>) pour les fournisseurs de contenu. En d'autres termes, Google est un partenaire de la plupart des grands concurrents fournisseurs de contenu de Yahoo et MSN.</p>	<p>Yahoo est un détaillant du contenu d'Internet, d'où l'accent mis sur la marque et le marketing. Yahoo est directement en concurrence avec la plupart des grands fournisseurs du contenu d'Internet alors que Google ne l'est pas. Yahoo cherche avec le marketing à attirer un maximum d'utilisateurs. Il sert ceux qui veulent un site web propriétaire.</p>
<p>Rémunération à travers la souscription (<i>Rémunération propriétaire</i>)</p> <p>Les revenus de Microsoft dépendent de la transaction des achats, de leurs logiciels ou de leurs produits ou encore des frais d'abonnement.</p>	<p>Rémunération à travers la publicité (<i>Pure ad monetization</i>)</p> <p>Google possède un modèle de monétisation totalement à base d'annonces publicitaires (<i>Pure ad monetization</i>).</p>	<p>Rémunération mixte (<i>Partial ad monetization</i>)</p> <p>Yahoo poursuit un modèle de monétisation mixte c'est-à-dire un mélange de modèle des revenus de la publicité et des frais d'abonnement. (87% des revenus grâce aux annonces et 13% grâce aux frais.)</p>

Source: Auteur sur la Base de Cleland (2007), Le crosnier 2009 et K-10 Filings

La rémunération de l'industrie repose sur 2 principes : le premier consiste à vendre aux annonceurs des audiences massives car en principe plus un site est visité, plus de revenus il génère. Le second principe consiste à commercialiser une audience plus petite mais plus

ciblée. En effet, les internautes laissent des traces quand ils visitent un site (Achats en ligne, thèmes de recherche, habitudes de navigation, auto-description sur les « réseaux sociaux »), chaque indice laissé est collecté et analysé. Cela permet ensuite de mieux connaître les usagers afin de leur faire parvenir des publicités sur mesure. Google et Yahoo offrent aux annonceurs une audience « profilée » et par conséquent, plus efficace. Leur métier principal consiste donc à organiser de grandes banques de données des « intentions » de leurs usagers, pour les exploiter commercialement. (Le Crosnier, 2009)

Le modèle de Yahoo de « renforcement des marques » se vend grâce au nombre de visites des usagers. Son expansion requiert d'identifier le lecteur sur les divers médias qu'il fréquente (Internet, téléphonie mobile, etc.) dans le but d'exposer sur chacun d'entre eux une publicité qui ne lui paraisse pas intrusive. Yahoo utilise aussi en partie une stratégie différente qui est celle que Google privilégie. En effet, il ne s'agit plus de « renforcer les marques » dans l'environnement favori du consommateur, mais de connaître ses intentions pour devancer ses attentes. Suite à cette logique, les opérateurs cherchent à créer une « place de marché » pour permettre aux offreurs – annonceurs ou vendeurs des biens et des services de rencontrer leurs futurs clients à travers des publicités calculées. Ce modèle se concrétise par de petits encarts de texte, assez discrets et sans « effets de création », introduits dans les pages des blogs et des journaux en ligne (adSense), ou insérés en marge des résultats de recherches effectuées sur les moteurs (adWords). Ces publicités ne sont payées par l'annonceur que si l'internaute se montre suffisamment attiré par l'offre pour cliquer sur le lien proposé et accéder au service correspondant (coût par clic, ou CPC). (Le Crosnier, 2009)

Le modèle de Google est beaucoup plus rémunérateur car il a su construire un « marché des mots-clés » qui pousse l'annonceur à payer plus chère pour se positionner en tête de liste et avoir plus de visites. Avec cette caractéristique du marché, Google propose ses services à des sites d'Internet et d'autres moteurs de recherche (partenariat technologiques et financiers) qui lui offrent la possibilité d'être un grossiste (*wholesaler*) pour les fournisseurs de contenu, ce qui lui donne un avantage concurrentiel structurel face à Yahoo et Microsoft qui sont obligés de monétiser leur propre contenu et également celui de leurs sociétés affiliées.

Le modèle de Google lui permet d'être un grossiste du contenu d'Internet (*wholesaler*), d'avoir des rémunérations supérieures à celles de ses concurrents (marché des

mots-clés) et d'offrir gratuitement des services innovants qui vont continuer à lui fournir de nouveaux utilisateurs. Ces produits vont aussi banaliser les produits concurrents et attirer davantage d'utilisateurs (grâce aux rendements croissants d'adoption).

4. Le changement de Business model : l'entrée de rivaux redoutables

Le changement de Business model devient donc fondamental dans la détermination de potentiels conflits entre les firmes. En effet, comme on l'a déjà énoncé auparavant, Microsoft s'intéresse aux moteurs de recherche en 2004 rentrant en conflit direct avec les différents fournisseurs du contenu d'Internet. Cependant, l'intérêt de Microsoft pour Internet n'est pas une nouveauté. A la fin des années 90, Microsoft s'intéresse à Internet. Il commence à développer des produits et des services qui vont consolider une ligne de produits appelée « *Online Services Business (OSB)* » qui représente environ 6% de son chiffre d'affaires.

L'importance de ligne OSB est relativement faible en termes de chiffre d'affaires (6% en moyenne). Pourtant Microsoft se montre de plus en plus intéressé à Internet et considère Google comme l'un de ces principaux rivaux. En effet, Microsoft est très intéressé à participer de façon plus active aux affaires d'Internet car il cherche à augmenter son chiffre d'affaire (stratégie offensive) et aussi à ne pas perdre de distance face à Google (stratégie défensive) qui offre de plus en plus des produits ayant du succès chez ce dernier. Le Tableau ci-dessous, nous présente les différentes lignes de produits de Microsoft et de Google associées aux principaux services et revenus ainsi qu'aux principaux fournisseurs et partenaires (cette liste n'est pas exhaustive car ces entreprises ont plusieurs milliers de partenaires).

On constate donc que la problématique est beaucoup plus large quand on prend en compte les intérêts de Google dans les principaux marchés de Microsoft. En effet, les intérêts et les produits offerts par Google évoluent aussi dans le temps. Il a considéré Microsoft comme l'un de ces principaux concurrents depuis sa création. Google s'intéresse aux applications bureautiques, parmi lesquelles on retrouve un traitement de texte (partageable), une application de feuille de calcul, un logiciel de présentations style Powerpoint, mais aussi un agenda partageable en ligne à l'infini, etc... (ces applications font parties de la ligne de produits Google Docs et Analytics).

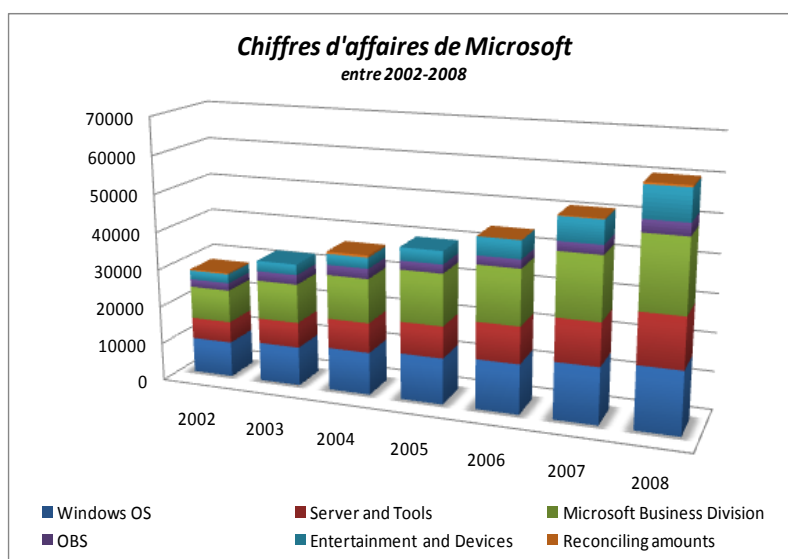
Tableau 23. Lignes des produits et sources de revenu de Microsoft et Google

Microsoft	Principaux Services	Fournisseurs et Partenaires	Revenu
<i>Business Division</i>	Enterprise Resource Planning Customer Relationship Management Personal Information management	Systems integrators, Consultants	Multi-year license Services
<i>Online Services Business</i>	e-mail, instant messaging MSN Search, MSN portals	MSNBC.com, Foxsports.com, Expedia.com, Match.com	Advertisers
<i>Entertainment and Devices</i>	Microsoft Xbox video games system Microsoft's TV platform products, Encarta		
<i>Server and Tools</i>	Windows Server System products Mobile devices, media capabilities	Developer tools, training and certification	Multi-year license
<i>Windows OS</i>	Windows operating Systems Microsoft Office	Independent software vendors (ISVs) Application service providers (ASPs)	Multi-year license
Google	Principaux Services	Fournisseurs et Partenaires	Revenu
<i>Search and Personalization</i>	Google Web Search ; Google Image Google Book Search; Google Scholar; Google Finance; Google News Google Video; Google Blog Search	<i>The world's top third-party content providers</i> MySpace, AOL, Ask.com, about.com, AT&T.com, Earthlink, NYTimes.com, CNETSearch.com, Lycos.com,	Advertisers
<i>Applications</i>	Google Docs, Calenda, Blogger, Youtube Gmail ; Google Groups, Reader, Sites	dogpile.com, business.com, H MyWebSearch.com, Information.com,	Advertisers
<i>Google Mobile and Android</i>	Google Mobile ; Google Maps for Mobile Blogger for Mobile; Google Gmail	Infospace.com, foodnetwork.com, owStuffWorks.com, Techtargat.com,	Advertisers
<i>Client</i>	Google Toolbar ; Google Chrome Google Pack; Picasa; Google Desktop	MarthaStewart.com, Morningstar, CompuServe, Luxist, US News and World Report,	Advertisers
<i>GEO—Maps, Earth and Local</i>	Google Earth : Google Maps Google Sketchup and Sketchup Pro	blogthings.com, netscape.com, CBSsportsline.com, Carconnection.com,	Advertisers
<i>Google Checkout and Google Labs</i>	<i>Picasa for Mac ; In Quotes;</i> Google Audio Indexing	HotorNot.com, tripadvisor.com, Oingo.com, engadget.com, Digg.com, shopping.com, dealtime.com,PlentyofFish.com,among others.	Advertisers

Source: 10 k Fillings

Du fait du business model de Google, ces applications seraient distribuées gratuitement ou à un tarif très bas. Google cherche également à développer des infrastructures qui permettront aux tiers de créer leurs applications Ces segments d'activités sont directement associés aux principales lignes de produits de Microsoft. La ligne principale des produits de Microsoft est « *Microsoft Business Division* » qui compte à elle seule environ 31% du chiffre d'affaire, suivie de près par « *Microsoft Windows OS* » avec 27% (voir la Figure ci-dessous).

La stabilité à long terme de Microsoft est donc compromise face au puissant Business model de Google. En effet, le modèle de Google serait par nature « anticoncurrentiel » car en banalisant les produits de ses concurrents il s'approprie une partie significative de la demande, fragilisant voire éliminant ses concurrents. L'intérêt de Microsoft pour Internet a donc des caractéristiques stratégiques offensives et défensives. La dynamique d'Internet va être traversée par le conflit entre ces deux sociétés. Celles-ci ont des business model puissants, des portefeuilles technologies qui leurs fournissent d'importants avantages dans la lutte concurrentielle. De plus, elles ont développées de grandes capacités de réactions face aux aléas du marché.

Figure 36. Chiffre d'affaire de Microsoft entre 2002 et 2008

Source : 10 K filings (En \$ millions)

Google est donc dominant face à ses concurrents et ses fournisseurs en matière d'Internet, alors que Microsoft est pour sa part, dominant en matière d'applications bureautiques et de services spécialisés pour les entreprises. Microsoft possède en plus une arme stratégique non insignifiante (Windows) et aussi une importante expérience (plus de 30 ans). Quant à Google, il s'agit d'une société innovatrice et relativement jeune.

Ces deux entreprises se battent pour le contrôle de l'organisation, de la recherche et de la récupération de toutes les informations numériques, sur tous les types d'appareils numériques. Pour mieux comprendre la capacité de Microsoft en tant que concurrent et firme innovante, on va observer quelques éléments de sa stratégie. En effet, le comportement stratégique de Microsoft dans un contexte d'incertitude, lui a permis de construire son business model à travers les possibilités offertes par les institutions (brevets, fusions-acquisitions et ainsi de suite). L'entreprise de Redmond domine les clefs du système informatique. Son monopole sur le système d'exploitation lui a donné l'opportunité d'imposer ses produits aux consommateurs et aussi à l'industrie.

Microsoft un concurrent expérimenté

Depuis le milieu des années 70, Microsoft a été l'une des entreprises fondatrices du modèle de référence en informatique : le modèle propriétaire. En effet, en 1975 le contrôle stratégique de Microsoft, a breveté et proposé aux constructeurs le langage de programmation le MS-BASIC, version particulière du langage BASIC (Beginner's All Purpose Symbolic Instruction Code), inventé en 1964 et laissé dans le domaine public par ses concepteurs, J. Kemeny et T. Kurtz. Cette stratégie s'est révélée payante deux ans plus tard avec le lancement et le succès de l'Apple II qui marque la naissance économique de la micro-informatique. En 1980, IBM l'acteur dominant en matière de hardware, comprend que sa position est menacée et c'est pourquoi il demande à Microsoft, qui l'avait déjà équipée de son langage de programmation (le MS-BASIC), de lui fournir également un système d'exploitation, afin de mettre sur le marché un micro-ordinateur IBM proposant une architecture physique et une suite logicielle propre : le Personal Computer (PC). (De Closets et Lussato, 2000). Selon Goldman (1998), s'adresser à Microsoft pour le système d'exploitation n'était pas le meilleur choix. D'une part, la société ne fabriquait pas le produit et d'autre part, un système d'exploitation existait déjà : le CP/M, mis au point en 1974 par Gary Kildall. Microsoft devient le fournisseur d'IBM en lui proposant le MS-DOS (Microsoft Disk Operating System), synthèse du CP/M et de Q-DOS, un autre système d'exploitation racheté par Microsoft quelques temps auparavant (Goldman, 1998).

Le développement de l'industrie asiatique ainsi que la tombée du prix du hardware ont précipité le déclin de IBM alors que Microsoft a pu vendre son système d'exploitation et d'autres logiciels propriétaires à tous les concurrents d'IBM ce qui lui a permis de devenir l'acteur de référence de l'industrie du logiciel. Microsoft devient l'acteur dominant de l'industrie en obligeant les constructeurs à préinstaller Windows sur chaque machine, liant ainsi l'interface graphique à son système. Il devient impossible de dissocier Windows et DOS. Comme le remarque Di cosmo (1998), les constructeurs qui voudraient installer MS-DOS devront aussi installer Windows. La licence DOS serait alors retirée dans le cas contraire, ce qui est difficilement soutenable sur un marché où le parc informatique est dominé par des ordinateurs utilisant ce système d'exploitation. Microsoft profite de sa position, en transformant ses licences d'utilisation en licences exclusives, interdisant ainsi aux constructeurs de proposer, sur leurs ordinateurs, un système d'exploitation concurrent.

Windows devient donc la plate-forme standard de l'ordinateur individuel et le produit clé dans la consolidation du monopole de Microsoft.

Dans le domaine des navigateurs d'Internet, la stratégie dominante de Microsoft lui a permis de gagner rapidement des parts de marché et d'imposer également ses produits. En effet, Microsoft n'était pas intéressé par un réseau développé sur des bases d'ouverture, d'échange et de gratuité, mais la croissance exponentielle d'Internet révèle un marché stratégique et géant pour Microsoft. En 1994, la société Netscape Communications commercialise le premier navigateur Internet (prenant en moins d'un an 80% des parts de marché). Selon Goldman (1998), Netscape et le langage associé Java (mis au point par Sun Microsystems) font du navigateur une sorte de « système d'exploitation virtuel », qui répond aux particularités des pages Web et qui se comporte plus comme un environnement multifonctions que comme une simple application. L'agressive stratégie de Microsoft face à ses concurrents montre son importante capacité à répondre aux aléas du marché. En effet, pour combler son retard, l'entreprise rachète un navigateur déjà existant et le transforme rapidement en un produit maison : Internet Explorer. Selon Di Cosmo (1998), Microsoft demande aux constructeurs informatiques de préinstaller gratuitement Explorer et ensuite dès le mois d'août 1995, il l'ajoute à la vente de Windows. La domination de Microsoft Explorer se fait rapidement : alors qu'en 1997, Netscape occupait toujours 71% du marché des logiciels de navigation, il est réduit, pour l'année 2001, à 12,01 % d'utilisation. A l'inverse, pour la même période, Internet Explorer passe de 14% à 87,71%.

Tableau 24. Classement des 100 principales firmes du logiciel en Europe en 2011

Rank	Company	Public ?	Country of HQ location	Software revenues 2011 (m€)	Total revenues 2011 (m€)	R&D employees 2011	Rank	Company	Public ?	Country of HQ location	Software revenues 2011 (m€)	Total revenues 2011 (m€)	R&D employees 2011
1	SAP	🏠	DE	13 975.8	14 232.0	15 861	51	Linedata Services	🏠	FR	137.3	137.3	371
2	Dassault Systèmes	🏠	FR	1 783.5	1 783.5	4 000	52	COR&FJA	🏠	DE	131.1	135.2	*191
3	Sage	🏠	UK	1 460.9	1 537.8	*1 740	53	Panda Security		SP	129.7	129.7	*210
4	Wincor Nixdorf	🏠	DE	1 169.0	2 328.0	*556	54	Digia	🏠	FI	121.9	121.9	*230
5	Hexagon	🏠	SE	1 154.0	2 169.1	2 280	55	Affecto	🏠	FI	116.8	127.3	*25
6	Software AG	🏠	DE	909.1	1 098.3	887	56	IBS		SE	115.8	115.8	*219
7	Asesco Group	🏠	PL	866.2	1 202.2	3 180	57	SDL International	🏠	UK	107.0	264.0	*171
8	DATEV		DE	708.9	730.8	*1 250	58	Aditro		SE	103.9	212.0	*248
9	Wolters Kluwer	🏠	NL	697.1	3 354.0	*2 999	59	Avanquest Software	🏠	FR	109.8	109.8	180
10	SWIFT		BE	530.1	531.0	*455	60	Anite	🏠	UK	100.3	141.2	*182
11	Acision		UK	511.3	511.3	486	61	GFI Informatique	🏠	FR	96.0	683.8	173
12	Unit4	🏠	NL	454.7	454.7	1 212	62	ESI Group	🏠	FR	94.2	94.2	252
13	Misys	🏠	UK	413.7	413.7	*900	63	BasWare	🏠	FI	91.3	107.8	311
14	Cegedim	🏠	FR	347.1	911.5	800	64	Vizrt	🏠	NO	90.1	90.1	*137
15	Temenos	🏠	CH	340.4	340.4	*851	65	ACS (Advanced Computer Software)	🏠	UK	88.3	113.2	*170
16	Swisslog	🏠	CH	336.5	465.9	*72	66	Seeburger		DE	81.4	81.4	*121
17	Fidessa	🏠	UK	320.8	320.8	424	67	ENEA	🏠	SE	80.4	80.4	*110
18	Murex		FR	318.0	318.0	300	68	ISAGRI		FR	80.0	122.0	250
19	Micro Focus	🏠	UK	312.6	312.6	*416	69	ERI Bancaire		CH	79.8	79.8	*105
20	NIS (Northgate Information Solutions)		UK	310.8	804.3	*760	70	ORC Software	🏠	SE	77.6	102.2	*151
21	GAD		DE	302.6	412.0	*255	71	Comptel	🏠	FI	76.8	76.8	193
22	Centric	🏠	NL	296.6	529.1	*140	72	Lumesse		UK	76.3	76.3	180
23	Visma		NO	296.2	658.9	*466	73	Berger-Levrault		FR	74.0	95.0	194
24	Compugroup Holding	🏠	DE	292.2	396.6	1 009	74	Gruppo Engineering		IT	73.3	775.7	*320
25	Avaloq		CH	291.8	291.8	*250	75	ReadSoft	🏠	SE	69.0	73.4	*117
26	IFS	🏠	SE	285.1	285.1	*271	76	Personal & Informatik	🏠	DE	68.1	70.6	133
27	Sophos		UK	280.4	280.4	*550	77	Generix Group	🏠	FR	66.2	66.2	126
28	Invensys	🏠	UK	278.6	2 926.7	*769	78	Aldata Solutions	🏠	FI	65.3	68.0	*103
29	Sopra Group	🏠	FR	275.0	1 200.0	700	79	Emailvision		FR	65.0	68.0	*103
30	Gemalto	🏠	NL	273.0	2 015.4	*1 510	81	Kewill Systems		UK	62.7	62.7	*130
31	Cegid	🏠	FR	232.0	265.0	557	82	Elca		CH	62.2	67.4	*65
32	Qliktech	🏠	SE	230.5	230.5	141	83	ISIS Papyrus		AT	61.8	61.8	*170
33	Zucchetti		IT	230.5	256.0	*399	84	SSP Holding		UK	59.8	85.4	*80
34	Axway	🏠	FR	217.2	217.2	610	85	AFAS ERP Software	🏠	NL	56.2	56.2	78
35	AVEVA Group	🏠	UK	225.9	225.9	347	86	Intershop Communications	🏠	DE	55.4	55.4	*96
36	Exact	🏠	NL	215.6	215.6	*310	86	Opera Software	🏠	NO	55.4	115.0	68
37	Reply	🏠	IT	212.7	440.3	*423	87	Lectra	🏠	FR	55.1	205.9	218
38	AVG Technologies		CZ	195.8	195.8	343	88	UC4		AT	54.6	54.6	*56
39	SimCorp	🏠	DK	194.4	194.4	*295	89	Avast Software		CZ	52.6	52.6	*183
40	Kofax	🏠	UK	184.8	184.8	*251	90	proALPHA		DE	50.7	50.7	*126
41	RM	🏠	UK	164.3	346.6	213	91	Cordys		NL	48.1	48.1	*120
42	Nemetschek	🏠	DE	164.0	164.0	545	92	Hogia Group		SE	47.3	47.3	*101
43	Torex		UK	156.2	156.2	*240	93	Meta4		SP	47.0	51.0	*109
44	ESET		SK	149.1	149.1	*200	94	Smartstream		UK	46.7	63.1	*90
45	Crvica	🏠	UK	148.4	210.6	*310	95	Delcam	🏠	UK	46.5	48.3	168
46	PSI	🏠	DE	147.2	169.5	*173	96	InfoVista	🏠	FR	45.9	45.9	69
47	Total Specific Solutions	🏠	NL	146.6	196.7	378	97	Sitecore		DE	45.8	45.8	*180
48	F-Secure Corp.	🏠	FI	146.0	146.0	390	98	Fiducial Informatique		FR	44.6	57.1	125
49	IRIS Software		UK	141.0	141.0	*172	98	Norman Asa		NO	44.6	44.6	*77
50	Comarch	🏠	PL	139.3	190.4	353	100	Schleupen		DE	44.5	60.0	*70

* R&D headcount 2011 estimated / Software revenues: software revenues + related services

Source: truffle100 (2012)

Annexes Chapitre 3

D- La prise en compte de l'endogénéité et l'utilisation des variables instrumentales.

Le modèle de base

Une des hypothèses fondamentales d'une régression linéaire est que l'espérance conditionnelle de ε_i sachant X_i est nulle. Cette hypothèse signifie que les « autres facteurs » non observables sont contenus dans ε_i et non corrélés avec X_i , c'est-à-dire que pour une valeur donnée de X_i , la moyenne de la distribution de ces facteurs est nulle. Il y a trois types de cas dans lesquels cette hypothèse n'est pas respectée : l'endogénéité (simultanéité dans la détermination de la variable dépendante et des variables explicatives), le biais de variables omises et les erreurs de mesure. Dans le cas de notre analyse, une première source d'endogénéité concerne la possibilité d'une causalité inverse dans laquelle le nombre brevets déposés au moment de l'introduction en bourse serait lié au montant d'argent collecté (attendu) au moment de l'introduction en bourse. Egalement, on peut aussi être concerné par un problème de spécification due à l'omission d'une variable explicative (par exemple, la R&D qui n'est pas disponible dans notre base de données). Si cette variable est corrélée avec le nombre de brevets, elle est également corrélée avec les erreurs ε_i . Finalement, on risque aussi de rencontrer problème de mesure dans le nombre de brevets (ou autre variable). En effet, on a mesuré le nombre brevets déposés en t qui est la date d'introduction en bourse. Cependant, les investisseurs pourraient anticiper une augmentation dans le nombre de brevets déposés la dernière année et utiliser dans leurs estimations le nombre des brevets déposés par la firme en $t-1$. On pourrait aussi être en présence d'investisseurs qui anticipent alors que d'autres investisseurs n'anticiperont pas.

Dans notre modèle de base, on a cherché à estimer si $PATAPP_{US_i}$ et $PATAPP_{EU_i}$, qui sont respectivement le nombre de brevets déposés par la firme i en t aux Etats-Unis et en Europe, sont exogènes par rapport au montant collecté au moment de l'introduction en bourse de la firme, $\log(PROCEEDS)_i$

$$\log(\text{PROCEEDS})_i = \alpha_0 + \lambda_{US} \text{PATAPP}_{US_i} + \lambda_{EU} \text{PATAPP}_{EU_i} + \gamma_{US} \text{VC}_{US_i} + \gamma_{EU} \text{VC}_{EU_i} + \beta X_i + \varepsilon_i$$

ici PATAPP_{US_i} ou PATAPP_{EU_i} sont des variables exogènes si $\text{Cov}(P_{US_i}, \varepsilon_i) = 0$ et $\text{Cov}(P_{EU_i}, \varepsilon_i) = 0$. Les estimations de la régression linéaire ne sont pas biaisées si et seulement si $\text{Cov}(P_{US_i}, \varepsilon_i) = 0$ et $\text{Cov}(P_{EU_i}, \varepsilon_i) = 0$. En présence d'un problème d'endogénéité, la solution est de recourir à l'utilisation de la méthode des variables instrumentales (VI).

La méthode des variables instrumentales

Dans les estimations avec des variables instrumentales, on doit introduire une variable instrumentale Z qui doit être hautement corrélée avec le nombre de brevets mais non corrélée avec le montant collecté au moment de l'introduction en bourse ou avec les erreurs ε_i (Z doit être exogène). Cette caractéristique des modèles à VI est connue comme le problème d'identification. Dans les modèles à VI (tels que le modèle des doubles moindres carrés-*Two Stage Least Squares-2SLS* ou l'estimateur GMM), le nombre de variables instrumentales à utiliser est au moins égal au nombre de variables endogènes. Si le nombre d'instruments est insuffisant, l'équation d'intérêt sera sous-identifiée¹⁴³. Au contraire, les paramètres d'une équation seront correctement identifiés s'il y a un nombre suffisant de variables instrumentales valides. On doit donc tester la validité des instruments pour pouvoir déterminer si notre équation est correctement identifiée. On a mis en place plusieurs types de modèles, à commencer par un estimateur des doubles moindres carrés ainsi qu'un estimateur GMM.

Les instruments utilisés

Instruments au niveau micro

Dans notre analyse, on a retenu comme instruments PATAPPLt-4US et PATAPPLt-4U , qui sont le nombre de brevets déposés par la firme i 4 ans avant son introduction en bourse aux Etats-Unis et en Europe. On suppose que PATAPPLt-4US et PATAPPLt-4EU sont des variables instrumentales valides pour deux raisons principales. i) on considère que les dépôts

¹⁴³ Nous avons besoin d'avoir au moins le même nombre de variables instrumentales que des variables exogènes.

de brevets qui sont probablement le plus endogènes (simultanéité) sont les brevets déposés juste après la décision d'introduction en bourse (une ou deux années avant la date d'introduction en bourse t). ii) la littérature a mis en évidence que les dépôts de brevets les plus récents fournissent l'information la plus actualisée sur les capacités novatrices des firmes. Cette caractéristique implique que les dépôts les plus récents sont également les plus précieux, ce qui est particulièrement vrai dans un contexte de technologies complexes et cumulatives. Les technologies complexes comme le logiciel sont caractérisées par un rapide changement technologique pouvant rendre obsolète une technologie dans une courte période. Nous avons également inclus comme instrument le temps écoulé entre le premier dépôt de brevet et l'introduction en bourse de la firme (*Firstapptoipo*). Cette variable est un instrument relatif à l'expérience de la firme dans le dépôt de brevets. Une expérience supérieure en matière de dépôt de brevets doit être positivement liée au nombre de brevets déposés par les firmes au moment de leur introduction en bourse.

Instruments plus macroéconomiques

On a utilisé la moyenne mobile d'ordre trois du nombre de firmes spécialisés dans les logiciels supportées par des capital-risqueurs selon le pays (*VCSoft*). Cet instrument est un proxy du capital-risque disponible dans un pays. Les compétences organisationnelles apportées par les capital-risqueurs ainsi que les apports monétaires favorisent le dépôt et l'obtention de brevets avant l'introduction en bourse. En effet, notre modèle n'est pas dynamique et il nous est impossible de prendre en compte ce processus endogène tel qu'il a été décrit dans la littérature (voir par exemple : Conti, Thursby and Thursby, 2013). Une large disponibilité de capital-risqueurs dans un pays peut favoriser le dépôt de brevets des firmes en croissance du pays. Nous avons introduit une variable *dummy* appelé (Californie-Massachusetts) égale à 1 pour les firmes localisées en Californie ou au Massachusetts. Les firmes localisées dans ces clusters technologiques, tels que la Silicon Valley en Californie, peuvent favoriser des externalités positives favorables à la multiplication des brevets dans leur processus de croissance.

Dans notre analyse, plusieurs tests nous permettent d'analyser la pertinence, la qualité et la validité de nos variables instrumentales. A la différence des modèles présentés précédemment, nous avons également pris en compte les différences entre les marchés financiers. Le tableau 2 ci-dessous met en évidence les différences dans les marchés

financiers dans nos régressions. Nous avons introduit 16 variables dummies codées 1 si la firme a été introduite dans un de ses marchés financiers et 0 sinon.

Pour introduire ces variables dans nos régressions, nous avons supprimé les effets pays, la variable « new market »(NM) et EU pour éviter un problème de multicolinéarité. Le tableau 3 montre les VIF des régressions linéaires avec et sans prise en compte de ces variables. On observe qu'avec l'introduction de l'ensemble des effets pays, « new market » et « stock market », les VIF augmentent au delà de 5 ou 10, qui sont les seuils couramment acceptés (Tableau 3).

Tableau 2. Distribution du nombre d'introductions en bourse selon le marché financiers

Stock market	Freq.	Percent	Cum.	NM	Création	PAT		%
						0	1	
1 AIM (UK)	79	16.60	16.60	Yes	1995	62	17	0,22
2 Aktietorget (SE)	11	2.31	18.91	Yes	1997	8	3	0,27
3 Borsa italiana (IT)	4	0.84	19.75	Non		3	1	0,25
4 Euronext (FR)	47	9.87	29.62	Non		41	6	0,13
5 Frankfurt (DE)	17	3.57	33.19	Non		10	7	0,41
6 LSEx-OFEX (UK)	37	7.77	40.97	Non		26	11	0,30
7 Neuer Markt (DE)	14	2.94	43.91	Yes	1997	11	3	0,21
8 Nouveau Marché (FR)	11	2.31	46.22	Yes	2000	3	0	0,00
9 Nuovo Mercato (IT)	6	1.26	47.48	Yes	1996	9	2	0,33
10 Spanish exchanges (SP)	2	0.42	47.90	Yes		6	0	0,00
11 Stockholm (SE)	6	1.26	49.16	Yes		1	1	0,17
12 Nordic Growth Market (SE)	3	0.63	49.79	Yes		4	2	0,67
13 AMEX (US)	6	1.26	51.05	Non		6	0	0,00
14 Marché Libre (FR)	6	1.26	52.31	Non		5	1	0,17
15 NASDAQ (US)	199	41.81	94.12	Yes	1971	61	138	0,69
16 NYSE (US)	28	5.88	100.00	Non		11	17	0,61
Number of companies	476	100.00	323			267	209	

Les tableaux 4 et 5 présentent nos estimations en utilisant les différentes variables instrumentales qui nous ont parues pertinentes. Nous avons utilisé comme variables instrumentales les variables $PATAPPLt-4US$, $PATAPPLt-4EU$, $VCSOft$, $Californie-Massachussetts$ et $Firstapptoipo$. Dans le tableau 4, nous présentons nos régressions en incluant les effets *stock-market* mais sans les effets pays, « new market »(NM) et EU, pour éviter un problème de multicolinéarité dans la régression linéaire. Nous avons également testé nos instruments en incluant les différences dans les marchés financiers, la variable « new market »(NM) et EU (Tableau 5). Les résultats confirment que notre hypothèse principale est validée avec des configurations différentes. En outre, avec ces modifications, les tests d'endogénéité sur la variable $PATAPP_{EU_i}$ continuent à être non significatifs (Modèles 18 et

24). Le test global d'endogénéité des variables $PATAPP_{US_i}$ et $PATAPP_{EU_i}$ devient significatif à 5% quand les effets *stock-market* sont introduits. Dans les deux types de configuration présentés, les tests de Wald confirment que la valeur des brevets, qui permet de réduire les asymétries d'information, est supérieure en Europe.

Tableau 3. VIF des variables indépendantes

Variable	VIF	1/VIF	Variable	VIF	1/VIF
sales	3.86	0.259388	newmarket	184.72	0.005414
logassets	3.85	0.259663	france	88.68	0.011276
_lstockma~15	3.18	0.314868	_lstockma~_6	64.15	0.015589
ROA	2.59	0.386804	_lstockma~_5	61.20	0.016339
solvency	2.25	0.445073	alle	57.49	0.017395
_lstockma~16	1.91	0.522406	_lstockma~16	45.82	0.021826
soft_ratio	1.68	0.595603	EU	33.13	0.030186
_lstockma~_4	1.64	0.609829	_lstockma~15	32.81	0.030476
_lstockma~_6	1.54	0.648578	_lstockmar~7	31.66	0.031590
vcapUS	1.40	0.712649	soft_ratio	22.18	0.045082
vcapEU	1.40	0.714543	_lstockmar~9	15.88	0.062954
citationsi~U	1.35	0.742007	y2007	14.79	0.067636
_lstockmar~7	1.30	0.770063	y2006	14.53	0.068840
ageatipo	1.28	0.780178	y2005	13.34	0.074969
_lstockma~_2	1.28	0.780227	_lstockma~_4	11.55	0.086595
_lstockmar~9	1.21	0.823195	_lstockma~12	11.49	0.087010
_lus737_7375	1.21	0.827199	_lstockma~13	11.07	0.090305
portafolioUS	1.21	0.828279	y2004	11.05	0.090460
citationsi~S	1.20	0.836207	_lstockma~_3	7.65	0.130727
logpercent~d	1.19	0.839427	se	6.74	0.148413
_lstockma~_5	1.19	0.841667	_lstockma~11	5.74	0.174077
_lus737_7372	1.17	0.854416	citationsi~U	4.86	0.205677
_lstockma~13	1.16	0.862866	y2002	4.78	0.209361
corpvcap	1.14	0.875409	y2008	4.62	0.216354
_lstockma~10	1.14	0.879314	_lstockma~_2	4.47	0.223601
_lstockma~11	1.14	0.880858	y2003	4.21	0.237788
portafolioEU	1.13	0.884882	sales	4.07	0.245966
_lstockma~12	1.12	0.892520	logassets	4.02	0.248509
_lus737_7379	1.12	0.893075	y2009	3.89	0.256838
_lstockma~14	1.12	0.895045	y2001	3.54	0.282535
_lus737_7374	1.10	0.910723	ROA	2.67	0.374094
_lstockma~_3	1.08	0.923717	solvency	2.36	0.422979
_lus737_7373	1.08	0.924335	medit	2.32	0.430531
_lstockmar~8	1.06	0.946467	vcapUS	1.50	0.667391
_lus737_7376	1.03	0.970446	vcapEU	1.45	0.688743
_lus737_7376	1.03	0.970446	ageatipo	1.34	0.746034
Mean VIF	1.52		portafolioUS	1.33	0.752560
			logpercent~d	1.25	0.799883
			_lus737_7375	1.25	0.801878
			portafolioEU	1.23	0.811509
			_lus737_7372	1.21	0.823795
			citationsi~S	1.20	0.831843
			corpvcap	1.20	0.836750
			_lus737_7379	1.13	0.881274
			_lus737_7374	1.12	0.894845
			_lus737_7373	1.11	0.902267
			_lus737_7376	1.04	0.960455
			Mean VIF	17.21	

Tableau 4. Tests de validation et robustesse des instruments utilisés

VARIABLES	15 EU-US <i>LOG (PROCEEDS)</i>	16 EU-US GMMEUUS	17 EU-US GMMUS	18 EU-US GMMEU	19 EU-US LIML	20 EU-US GMMEUUS3
<i>PATAPP</i> _{US}	0.00401*** (0.00134)	0.00559*** (0.00130)	0.00559*** (0.00130)	0.00420*** (0.00126)	0.00547*** (0.00131)	0.00520*** (0.00136)
<i>PATAPP</i> _{EU}	0.0108** (0.00424)	0.00987** (0.00420)	0.0119*** (0.00377)	0.00958** (0.00425)	0.00904** (0.00431)	0.00901** (0.00434)
<i>FCITATIONS</i> _{US}	0.000398 (0.00127)	-0.000377 (0.00134)	-0.000346 (0.00134)	0.000167 (0.00120)	-0.000181 (0.00136)	-0.000288 (0.00129)
<i>FCITATIONS</i> _{EU}	-0.0170 (0.0327)	-0.0162 (0.0315)	-0.0172 (0.0308)	-0.0157 (0.0315)	-0.0160 (0.0315)	-0.0154 (0.0317)
<i>LOG (TOTAL ASSETS)</i>	0.572*** (0.0464)	0.565*** (0.0442)	0.564*** (0.0441)	0.572*** (0.0440)	0.568*** (0.0445)	0.566*** (0.0441)
<i>LOG (SALES TO ASSETS)</i>	0.143*** (0.0471)	0.144*** (0.0446)	0.144*** (0.0446)	0.146*** (0.0445)	0.140*** (0.0448)	0.145*** (0.0446)
<i>VC</i> _{US}	0.525** (0.237)	0.466** (0.220)	0.473** (0.220)	0.488** (0.221)	0.492** (0.225)	0.471** (0.220)
<i>VCEU</i>	0.653*** (0.229)	0.648*** (0.216)	0.651*** (0.216)	0.631*** (0.216)	0.659*** (0.217)	0.643*** (0.216)
<i>VC*PAT</i>	-0.264 (0.237)	-0.262 (0.224)	-0.270 (0.224)	-0.247 (0.224)	-0.268 (0.225)	-0.257 (0.224)
<i>CORPVCAP</i>	-0.0627 (0.163)	-0.0587 (0.156)	-0.0613 (0.156)	-0.0608 (0.154)	-0.0583 (0.156)	-0.0579 (0.155)
<i>AGE AT IPO</i>	0.00238 (0.00735)	0.00283 (0.00687)	0.00261 (0.00689)	0.00355 (0.00681)	0.00237 (0.00698)	0.00309 (0.00687)
<i>SOFT_RATIO</i>	3.380** (1.549)	3.840*** (1.396)	3.827*** (1.393)	3.432** (1.469)	3.848*** (1.398)	3.687*** (1.406)
<i>LOG(PERCENT SOLD)</i>	0.248*** (0.0917)	0.243*** (0.0862)	0.244*** (0.0862)	0.245*** (0.0869)	0.246*** (0.0869)	0.241*** (0.0861)
<i>Financial ratios</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Annual Dummies</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Intra-industry dummies</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Country dummies</i>	Non	Non	Non	Non	Non	Non
<i>Stock market dummies</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Constant	2.612*** (0.796)	2.472*** (0.720)	2.482*** (0.719)	2.579*** (0.754)	2.537*** (0.722)	2.537*** (0.722)
Observations	448	448	448	448	448	448
Adjusted R-squared	0.758	0.757	0.757	0.758	0.758	0.758
Underidentification test		18.35	18.30	9.260		17.90
Chi-sq () P-val		0.00105	0.00108	0.0260		0.00129
Hansen J statistic		1.536	1.438	2.624		2.042
Chi-sq () P-val		0.674	0.697	0.269		0.564
Endogeneity test of endogenous regressors:		6.095	3.566	2.509		8.377
Chi-sq () P-val		0.0475	0.0590	0.113		0.0152
Weak identification test		35.58	44.29	49.34		35.68

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Tableau 5. Tests de validation et robustesse des instruments utilisés

VARIABLES	21 EU-US <i>LOG (PROCEEDS)</i>	22 EU-US GMMEUUS	23 EU-US GMMUS	24 EU-US GMMEU	25 EU-US LIML	26 EU-US GMMEUUS3
<i>PATAPP</i> us	0.00400*** (0.00134)	0.00553*** (0.00131)	0.00553*** (0.00131)	0.00413*** (0.00126)	0.00546*** (0.00131)	0.00515*** (0.00136)
<i>PATAPP</i> EU	0.0122*** (0.00338)	0.0103*** (0.00368)	0.0123*** (0.00314)	0.0100*** (0.00372)	0.0102*** (0.00370)	0.00949** (0.00376)
<i>FCITATIONS</i> us	0.000333 (0.00128)	-0.000376 (0.00135)	-0.000346 (0.00134)	0.000182 (0.00119)	-0.000241 (0.00137)	-0.000276 (0.00130)
<i>FCITATIONS</i> EU	-0.0120 (0.0360)	-0.00996 (0.0344)	-0.0109 (0.0339)	-0.00883 (0.0345)	-0.0113 (0.0344)	-0.00905 (0.0346)
<i>LOG (TOTAL ASSETS)</i>	0.574*** (0.0463)	0.567*** (0.0441)	0.566*** (0.0439)	0.575*** (0.0439)	0.569*** (0.0444)	0.569*** (0.0440)
<i>LOG (SALES TO ASSETS)</i>	0.148*** (0.0471)	0.147*** (0.0446)	0.147*** (0.0446)	0.150*** (0.0445)	0.145*** (0.0448)	0.148*** (0.0446)
<i>VC</i> us	0.506** (0.222)	0.479** (0.210)	0.486** (0.209)	0.499** (0.210)	0.474** (0.210)	0.484** (0.210)
<i>VC</i> EU	0.652*** (0.228)	0.655*** (0.215)	0.660*** (0.215)	0.637*** (0.215)	0.658*** (0.216)	0.651*** (0.215)
<i>VC*PAT</i>	-0.256 (0.230)	-0.268 (0.217)	-0.276 (0.217)	-0.250 (0.217)	-0.260 (0.218)	-0.263 (0.217)
<i>CORPVCAP</i>	-0.0652 (0.163)	-0.0581 (0.156)	-0.0602 (0.156)	-0.0596 (0.154)	-0.0606 (0.156)	-0.0573 (0.155)
<i>AGE AT IPO</i>	0.00173 (0.00730)	0.00243 (0.00684)	0.00220 (0.00685)	0.00302 (0.00679)	0.00178 (0.00692)	0.00266 (0.00684)
<i>NEW MARKET</i>	0.00935 (0.575)	-0.471 (0.499)	-0.459 (0.500)	-0.403 (0.503)	-0.504 (0.511)	-0.460 (0.500)
<i>SOFT_RATIO</i>	3.436** (1.555)	3.845*** (1.396)	3.842*** (1.395)	3.416** (1.472)	3.899*** (1.401)	3.688*** (1.406)
<i>LOG(PERCENT SOLD)</i>	0.245*** (0.0918)	0.240*** (0.0861)	0.240*** (0.0861)	0.242*** (0.0867)	0.244*** (0.0868)	0.238*** (0.0860)
<i>EU</i>	-0.474 (0.482)	-0.470 (0.445)	-0.490 (0.446)	-0.538 (0.447)	-0.435 (0.455)	-0.484 (0.447)
<i>Financial ratios</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Annual Dummies</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Intra-industry dummies</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Country dummies</i>	Non	Non	Non	Non	Non	Non
<i>Stock market dummies</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Constant	3.396*** (1.070)	3.404*** (0.789)	3.422*** (0.787)	3.514*** (0.820)	3.357*** (0.799)	3.473*** (0.788)
Observations	448	448	448	448	448	448
Adjusted R-squared	0.758	0.757	0.758	0.758	0.758	0.758
Underidentification test		18.39	18.34	8.187		17.90
Chi-sq () P-val		0.00104	0.00106	0.0423		0.00129
Hansen J statistic		0.628	0.493	1.398		2.042
Chi-sq () P-val		0.890	0.920	0.497		0.564
Endogeneity test of endogenous regressors:		6.276	3.457	2.742		8.377
Chi-sq () P-val		0.0434	0.0630	0.0977		0.0152
Weak identification test		35.34	43.95	49.59		35.68

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Tests sur la pertinence et la validité des instruments

Le test de Hansen J valide l'hypothèse nulle que les instruments ne sont pas corrélés avec les erreurs ε_i dans nos différentes régressions (p-values toujours supérieures à 0,149). Cela signifie que les conditions d'orthogonalité nécessaires dans les modèles sont satisfaites et implique que les instruments sont exogènes et correctement exclus de la régression.

Par ailleurs, dans la première étape de la régression, les statistiques de Kleibergen-Paap rk LM et Kleibergen-Paap rk Wald (ou Anderson canon. Corr et Cragg-Donald N*CDEV Wald statistic) indiquent que les instruments inclus sont valides. Les statistiques de Kleibergen-Paap rk LM sont équivalentes au test de sous-identification. Le test de sous-identification a pour hypothèse nulle que l'équation est sous-identifiée. Le rejet de cette hypothèse indique que l'équation est correctement identifiée. Les tests de sous-identification du tableau 5 indiquent que l'hypothèse nulle est toujours rejetée.

Model 5 (présenté dans l'article)

Underidentification tests

Ho: matrix of reduced form coefficients has rank=K1-1 (underidentified)

Ha: matrix has rank=K1 (identified)

Kleibergen-Paap rk LM statistic	Chi-sq(3)=8.35	P-val=0.0393
Kleibergen-Paap rk Wald statistic	Chi-sq(3)=54.39	P-val=0.0000

Model 16 (avec les marchés financiers mais sans les effets pays, « new market »(NM) et EU)

Underidentification tests

Ho: matrix of reduced form coefficients has rank=K1-1 (underidentified)

Ha: matrix has rank=K1 (identified)

Kleibergen-Paap rk LM statistic	Chi-sq(4)=18.39	P-val=0.0010
Kleibergen-Paap rk Wald statistic	Chi-sq(4)=198.88	P-val=0.0000

Modèle 22 (sans les effets pays mais avec les marchés financiers, la variable « new market »(NM) et EU)

Underidentification tests

Ho: matrix of reduced form coefficients has rank= $K-1$ (underidentified)

Ha: matrix has rank= K (identified)

Kleibergen-Paap rk LM statistic Chi-sq(4)=18.35 P-val=0.0011

Kleibergen-Paap rk Wald statistic Chi-sq(4)=199.77 P-val=0.0000

Test de validité des instruments (Testing for Weak Instruments)

La littérature a mis en évidence qu'un problème de validité des instruments peut exister (« weak instruments ») même si la corrélation entre les instruments et la variable endogène est significative aux niveaux conventionnels (5% ou 1%) et que l'étude repose sur un échantillon large (Bound et al., 1995 ; Staiger and Stock, 1997 ; Baum et al., 2007). Ainsi, le seul rejet de l'hypothèse nulle de sous-identification des tests de Kleibergen-Paap rk LM et Kleibergen-Paap rk Wald n'est donc pas suffisant. On doit aussi valider le test de Stock et Yogo.

Le test statistique proposé par Stock et Yogo(2005) est équivalent à la statistique F de Cragg et Donald (1993). L'hypothèse nulle de la statistique F est que l'estimateur est sous-identifié car il possède un biais qui est trop large pour être acceptable pour le chercheur. Le rejet de cette hypothèse indique que ce biais n'existe pas.

Modèle 5 (présenté dans l'article)

Summary results for first-stage regressions

Variable	Shea Partial R2	Partial R2	F(4, 409)	P-value
portafolioUS	0.7114	0.7119	13.35	0.0000
portafolioEU	0.9450	0.9456	25.34	0.0000

Modèle 16 (avec les marchés financiers et sans les effets pays, la variable « new market »(NM) et EU)

Variable	Shea Partial R2	Partial R2	F(5, 399)	P-value
portafolioUS	0.7082	0.7085	35.47	0.0000
portafolioEU	0.9460	0.9464	34.75	0.0000

Modèle 22 (sans les effets pays mais avec les marchés financiers, la variable « new market »(NM) et EU)

Variable	Shea Partial R2	Partial R2	EC (5, 398)	P-value
portafolious	0.7082	0.7085	35.23	0.0000
portafolioEU	0.9455	0.9459	38.74	0.0000

Dans nos régressions, on rejette l'hypothèse nulle au niveau de 1% et la statistique F est supérieur au seuil usuellement utilisé de 10. Cependant, les estimations plus précises sur la base du test statistique proposé par Stock et Yogo (2005) montrent que dans nos régressions la statistique F doit être supérieur à 11.04 (avec 4 variables instrumentales) pour rejeter la présence d'instruments faibles (Weak instruments). Dans nos différentes régressions les statistiques F sont toujours supérieur au seuil proposé pour Stock et Yogo (2005) de 11.04. Avec 5 variables instrumentales la statistique F doit être supérieur à 13.97.

Modèles alternatifs et modèles de robustesse avec variables d'interaction pour l'ensemble de variables de la régression

Le Tableau 6 présente nos régressions avec l'ajout de termes d'interaction entre l'ensemble des variables de contrôle et la variable EU pour tenir compte des potentielles différences dans l'évaluation des firmes aux Etats-Unis et en Europe effectuée par les marchés financiers. Nous modélisons l'équation de la manière suivante :

$$\log(PROCEEDS)_i = \alpha_0 + \lambda_{US} PATAPP_{US_i} + \beta X_{iUS_i} + \lambda_{EU} PATAPP_{EU_i} + \beta X_{iEU_i} + \varepsilon_i$$

Par ailleurs, $PATAPP_{US_i}$ et $PATAPP_{EU_i}$ sont positifs et statistiquement significatifs. En outre, le modèle 27 présente la régression linéaire (OLS) alors que le modèle 27 présente l'estimateur GMM efficace en utilisant comme variables instrumentales $PATAPPLt-4US$, $PATAPPLt-4EU$, *Californie-Massachusetts* et *Firstapptoipo*. Nous remplaçons ici l'instrument *VCSofT* par *ratioVCSofT* qui représente le ratio entre la moyenne mobile d'ordre trois du nombre de firmes du

logiciel soutenues par des capital-risqueurs selon le pays (*VCSoft*) et la moyenne mobile d'ordre trois du nombre total de firmes soutenues par des capital-risqueurs selon le pays (*VCtot*)¹⁴⁴. Les résultats supportent notre hypothèse principale d'un effet significatif du portefeuille de brevets sur le montant collecté en bourse aux Etats-Unis et en Europe. Dans les deux types de configuration présentés (OLS et GMM efficient), les tests de Wald confirment que la valeur des brevets, pour réduire les asymétries d'information, est supérieure en Europe. Cependant, la différence de valeur des brevets comme signal entre les Etats-Unis et l'Europe est légèrement plus faible. Dans le modèle 28, nous présentons l'estimateur GMM efficient et nous testons à nouveau l'endogénéité jointe des variables $PATAPP_{US_i}$ et $PATAPP_{EU_i}$. Le test d'endogénéité est significatif au seuil de 10%. Cependant, quand nous testons séparément l'endogénéité de $PATAPP_{US_i}$ et $PATAPP_{EU_i}$ (modèles 30 et 31 respectivement), le test indique à nouveau que la variable $PATAPP_{EU_i}$ est exogène (p-value de 0.18). Au contraire, $PATAPP_{US_i}$ est endogène avec une p-value de 0.0951 (modèle 30). Par ailleurs, les tests de Hansen J acceptent l'hypothèse nulle que les instruments ne sont pas corrélés avec les erreurs ε_i . Dans cette configuration, le test de Hansen a une p-value toujours supérieure à 0.48 dans nos différentes régressions. Nous rejetons l'hypothèse de présence d'instruments faibles car les F-statistiques sont toujours supérieurs à 39.12 alors que le seuil proposé par Stock et Yogo (2005) est de 13.97 pour 5 variables instrumentales. Dans le modèle 29, nous testons notre modèle sans prendre en compte certaines variables de contrôle qui ne sont pas significatives, afin d'évaluer la stabilité des coefficients associés à $PATAPP_{US_i}$ et $PATAPP_{EU_i}$, ainsi que la qualité des nos instruments. Les résultats montrent que les coefficients ne varient que très légèrement. On remarque aussi que le test d'endogénéité est toujours significatif, le test d'Hansen J valide l'hypothèse nulle avec une p-value de 0.774 et la valeur du test F-statistiques augmente à 40.38.

¹⁴⁴ Nous avons collecté cette information dans la base de données Bureau van Dijk's Zephyr

Tableau 6. Tests de robustesse avec variables d'interaction dans l'ensemble de la régression

VARIABLES	27 EU-US LOG (PROCEEDS)	28 EU-US GMMUUSEU _i	29 EU-US GMMUUSEU _{i2}	30 EU-US GMMUUS _i	31 EU-US GMMUEU _i
<i>PATAPP</i> _{us}	0.00461*** (0.00115)	0.00545*** (0.00104)	0.00546*** (0.00105)	0.00544*** (0.00104)	0.00434*** (0.00103)
<i>FCITATIONSUS</i>	0.000302 (0.00128)	-0.000126 (0.00126)	-1.03e-05 (0.00126)	-9.48e-05 (0.00126)	0.000192 (0.00115)
<i>LOG (TOTAL ASSETS)*US</i>	0.380*** (0.0555)	0.387*** (0.0491)	0.380*** (0.0477)	0.387*** (0.0491)	0.391*** (0.0486)
<i>LOG (SALES TO ASSETS)*US</i>	0.244*** (0.0825)	0.234*** (0.0761)	0.216*** (0.0753)	0.237*** (0.0763)	0.240*** (0.0767)
<i>VC</i> _{us}	0.311* (0.173)	0.319** (0.161)	0.320** (0.155)	0.313** (0.159)	0.322** (0.163)
<i>VC*PAT</i> _{us}	-0.107 (0.189)	-0.125 (0.178)	-0.119 (0.179)	-0.118 (0.175)	-0.0978 (0.178)
<i>CORPVCAP*US</i>	-0.115 (0.229)	-0.179 (0.204)		-0.170 (0.206)	-0.170 (0.207)
<i>AGE AT IPO*US</i>	-0.0138 (0.00927)	-0.0129 (0.00866)		-0.0131 (0.00867)	-0.0133 (0.00862)
<i>NEW MARKET*US</i>	-0.291 (0.278)	-0.237 (0.250)	-0.275 (0.228)	-0.241 (0.250)	-0.250 (0.255)
<i>SOFT_RATIO*US</i>	0.790 (1.078)	0.588 (0.985)	0.533 (0.811)	0.603 (0.983)	0.599 (0.996)
<i>LOG(PERCENT SOLD)*US</i>	0.303* (0.155)	0.341** (0.134)	0.338** (0.135)	0.340** (0.134)	0.335** (0.132)
<i>PATAPP</i> _{EU}	0.00968** (0.00391)	0.00781* (0.00437)	0.00729* (0.00435)	0.00953*** (0.00358)	0.00790* (0.00437)
<i>FCITATIONSEU</i>	-0.0212 (0.0357)	-0.0200 (0.0334)	-0.0286 (0.0301)	-0.0203 (0.0331)	-0.0188 (0.0335)
<i>LOG (TOTAL ASSETS)*EU</i>	0.631*** (0.0675)	0.626*** (0.0631)	0.624*** (0.0651)	0.624*** (0.0628)	0.628*** (0.0629)
<i>LOG (SALES TO ASSETS)*EU</i>	0.0530 (0.0889)	0.0501 (0.0829)		0.0502 (0.0826)	0.0539 (0.0828)
<i>VCEU</i>	0.628** (0.249)	0.611*** (0.232)	0.520*** (0.183)	0.619*** (0.233)	0.607*** (0.232)
<i>VC*PATEU</i>	-0.135 (0.356)	-0.130 (0.333)		-0.144 (0.332)	-0.138 (0.333)
<i>CORPVCAP*EU</i>	-0.527 (0.343)	-0.513 (0.318)		-0.520 (0.319)	-0.507 (0.319)
<i>AGE AT IPO*EU</i>	0.00197 (0.0131)	0.00407 (0.0120)		0.00369 (0.0120)	0.00473 (0.0120)
<i>NEW MARKET*EU</i>	-2.932** (1.455)	-2.647** (1.274)	-2.576** (1.252)	-2.658** (1.275)	-2.707** (1.259)
<i>SOFT_RATIO*EU</i>	1.720* (0.944)	1.535* (0.849)	1.525* (0.826)	1.530* (0.848)	1.518* (0.852)
<i>LOG(PERCENT SOLD)*EU</i>	0.200* (0.106)	0.195** (0.0991)	0.202** (0.102)	0.196** (0.0991)	0.197** (0.0991)
<i>Financial ratios</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Annual Dummies</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Intra-industry dummies</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Country dummies</i>	Non	Non	Non	Non	Non
<i>Stock market dummies</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Constant	6.039*** (1.052)	5.867*** (0.921)	5.843*** (0.894)	5.892*** (0.923)	5.913*** (0.912)
Observations					
Adjusted R-squared	0.760	0.759	0.761	0.759	0.759
Underidentification test		21.67	21.72	21.66	10.71
Chi-sq () P-val		0.000233	0.000228	0.000235	0.0300
Hansen J statistic		1.304	1.113	1.150	2.428
Chi-sq () P-val		0.728	0.774	0.765	0.488
Endogeneity test of endogenous regressors:		4.857	5.375	2.786	1.785
Chi-sq () P-val		0.0882	0.0681	0.0951	0.181
Weak identification test		39.12	40.36	48.88	49.18

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Annexes Chapitre 4

E- Tests de robustesse et modèle de Cox stratifié

A- The Variance Inflation Factor tests

We perform variance inflation factors on our regression to seek for multicollinearity problems. The Variance Inflation Factor tests for the two groups do not have extremely high values and the tolerance of variances are not close to zero, thus one can conclude that explanatory variables are independent and multicollinearity is not an issue.

Variance Inflation factors

Variable	VIF	1/VIF
AT LEAST ONE PATENT APPLIC.	3.73	0.268023
REVENUES	3.63	0.275621
SHARE OF PATENTS OBTAINED	3.54	0.282378
FORWARD CITATIONS	2.83	0.353760
INTERNATIONAL APPL (PCT)	2.71	0.368799
LOG (ASSETS)	2.51	0.397619
PATENTAPPLIED	2.49	0.401790
SME	2.46	0.406999
YC	2.25	0.445301
AGE AT IPO	2.15	0.464899
FR	1.77	0.563799
DE	1.77	0.564586
SE	1.59	0.629141
SC	1.52	0.657228
ITES	1.40	0.711873
7375- Information Retrieval Services	1.31	0.764684
Recovery	1.25	0.799114
EMPLOYEES	1.22	0.817500
NEGATIVE EQUITY RATIO	1.21	0.825165
POSITIVE RETURN ON SALES RATIO	1.21	0.829183
RETURN ON SALES RATIO	1.17	0.856907
Burst	1.17	0.856976
7373- Computer Integrated Systems Design	1.14	0.879900
7379- Computer Related Services	1.12	0.892792
VENTURE BACKED	1.11	0.902489
7374- Data Processing & Preparation	1.10	0.909330
EQUITY RATIO	1.08	0.928534
7372- Prepackaged Software	1.06	0.940878
Mean VIF	1.84	

B- Proportional hazard assumption Tests for Cox Proportional Hazards Regression

Our previous analysis, shows as that is necessary to stratify our model. In the Table 5, we stratify by country, small company and at least one patent application. We also stratify by the competing risk (in Table 6). In models 1 to 4, we aim to take into account differences in baseline hazard across countries, firm's size and patenting behavior. Thus, the hazard at time t for a subject in group i is assumed to be:

$$h_i(t) = H_{0i}(t) \exp(\beta_1 \chi_1 + \beta_2 \chi_2 + \dots + \beta_K \chi_K)$$

Table 9 presents the covariate-specific and global tests of Proportional Hazard assumption (PH assumption) of models 1 to 8 presented in the paper. The tests suggest that Proportional Hazard assumption it is not violated.

Table 9. Covariate-specific and global tests of PH assumption for Cox stratified PH Regression

Test of HP Assumption	TABLE 5				TABLE 6	
PATENTAPPLIED	0.6792	0.8854	0.4644	0.8705	0.6792	0.8853
SHARE OF PATENTS OBTAINED	0.7176	0.6838	0.7315	0.7418	0.7175	0.6836
FORWARD CITATIONS	0.8039	0.8135	0.7061	0.8634	0.8038	0.8134
INTERNATIONAL APPL (PCT)	0.7761	0.8311	0.6129	0.7845	0.7761	0.8310
EQUITY RATIO	0.5274	0.2416	0.5953	0.1497	0.5273	0.2413
NEGATIVE EQUITY RATIO	0.8855	0.4438	0.9405	0.4369	0.8855	0.4435
RETURN ON SALES RATIO	0.9886	0.7991	0.7528	0.6734	0.9886	0.7990
POSITIVE RETURN ON SALES RATIO	0.2949	0.1429	0.2333	0.1370	0.2949	0.1426
LOG (ASSETS)	0.1643	0.9179	0.2704	0.9226	0.1643	0.9179
LOG (REVENUES)	0.8704	0.2512	0.5969	0.1320	0.8704	0.2509
EMPLOYEES	0.2846	0.6999	0.2018	0.9970	0.2846	0.6997
AGE AT IPO	0.3523	0.3278	0.8326	0.8242	0.3522	0.3275
VENTURE BACKED	0.8541	0.2371	0.9365	0.3375	0.8540	0.2368
7372- Prepackaged Software	0.9805	0.9989	0.9272	0.9363	0.9805	0.9989
7373- Computer Integrated Systems Design	0.3152	0.2979	0.2880	0.3264	0.3152	0.2976
7374- Data Processing & Preparation	0.7170	0.7026	0.7333	0.4507	0.7169	0.7024
7375- Information Retrieval Services	0.3477	0.7115	0.3086	0.8146	0.3476	0.7113
7379- Computer Related Services	0.6936	0.4033	0.6035	0.3511	0.6935	0.4030
Burst	0.8441	0.3498	0.9494	0.2470	0.8440	0.3495
Recovery	0.6452	0.6747	0.6635	0.4149	0.6452	0.6745
SC			0.0694	0.6887		
YC			0.8787	0.3450		
SYC			0.4710	0.7640		
GLOBAL TEST	0.9958	0.8675	0.9784	0.8294	0.9882	0.8692

C- Robustness checks models with quadratic terms

Table 10. Results from a Cox Proportional Hazards Regression with quadratic terms

VARIABLES	(1) Days to exit		(3) Days to exit		(5) Days to exit	
	ACQUIRED	FAILURE	ACQUIRED	FAILURE	ACQUIRED	FAILURE
PATENTAPPLIED	0.945** (0.0269)	0.505* (0.179)	0.946* (0.0268)	0.489** (0.176)	0.944** (0.0271)	0.527** (0.166)
SHARE OF PATENTS OBTAINED	1.474 (0.591)	2.011 (1.685)	1.557 (0.632)	1.945 (1.664)	1.508 (0.602)	2.516 (2.224)
FORWARD CITATIONS	1.006*** (0.00183)	0.817* (0.0958)	1.006*** (0.00190)	0.826* (0.0944)	1.006*** (0.00185)	0.821* (0.0948)
INTERNATIONAL APPL (PCT)	0.928 (0.0956)	1.457 (0.768)	0.919 (0.0960)	1.482 (0.761)	0.927 (0.0945)	1.461 (0.694)
EQUITY RATIO	1.010 (0.0294)	0.999* (0.000342)	1.012 (0.0299)	0.999* (0.000344)	1.009 (0.0293)	0.999 (0.000350)
NEGATIVE EQUITY RATIO	1.874** (0.536)	0.579 (0.278)	1.880** (0.541)	0.570 (0.270)	1.841** (0.519)	0.577 (0.278)
RETURN ON SALES RATIO	1.002 (0.00101)	1.009 (0.0109)	1.001 (0.00102)	1.008 (0.0105)	1.000 (2.43e-05)	1.006 (0.00878)
POSITIVE RETURN ON SALES RATIO	0.749** (0.110)	0.491** (0.139)	0.751* (0.110)	0.493** (0.139)	0.760* (0.112)	0.527** (0.153)
LOG (REVENUES)	0.932 (0.0455)	0.977 (0.0933)	0.925 (0.0439)	0.977 (0.0965)		
LOG (ASSETS)	1.089 (0.0573)	0.773*** (0.0697)	1.076 (0.0563)	0.791*** (0.0697)	1.071 (0.0567)	0.750*** (0.0712)
EMPLOYEES	1.000 (9.85e-05)	1.002 (0.00148)	1.000 (3.23e-05)	1.000 (0.000184)	1.000 (8.35e-05)	1.000 (0.000755)
EMPLOYEESQ	1.000* (3.26e-09)	1.000 (1.02e-06)				
AGE AT IPO	0.981** (0.00896)	0.933*** (0.0229)	0.972 (0.0185)	0.933 (0.0481)	0.981** (0.00898)	0.931*** (0.0229)
AGE AT IPO Q			1.000 (0.000442)	1.000 (0.00172)		
VENTURE BACKED	0.979 (0.220)	1.019 (0.352)	0.983 (0.220)	0.995 (0.344)	0.974 (0.231)	0.981 (0.337)
7372- Prepackaged Software	0.964 (0.330)	0.876 (0.496)	0.968 (0.332)	0.817 (0.461)	0.949 (0.327)	0.830 (0.485)
7373- Computer Integrated Systems Design	0.863 (0.226)	1.149 (0.517)	0.842 (0.225)	1.105 (0.496)	0.898 (0.238)	1.111 (0.487)
7374- Data Processing & Preparation	0.779 (0.342)	0.407 (0.396)	0.777 (0.340)	0.397 (0.398)	0.784 (0.345)	0.369 (0.340)
7375- Information Retrieval Services	1.140 (0.216)	1.386 (0.387)	1.125 (0.212)	1.364 (0.377)	1.130 (0.217)	1.427 (0.395)
7379- Computer Related Services	0.876 (0.205)	0.645 (0.281)	0.878 (0.205)	0.613 (0.271)	0.862 (0.205)	0.625 (0.271)
Burst	0.540* (0.172)	0.772 (0.229)	0.579* (0.175)	0.748 (0.222)	0.538** (0.170)	0.805 (0.240)
Recovery	1.167 (0.268)	1.053 (0.358)	1.158 (0.268)	1.058 (0.368)	1.124 (0.260)	0.958 (0.318)
REVENUES					1.000 (5.25e-07)	2.964 (6.276)
REVENUES Q					1 (0)	4.75e-09* (4.66e-08)
Observations	496	339	496	339	496	339
N_fail	239	82	239	82	239	82
ll	-729.4	-247.4	-730.2	-248.5	-732.7	-245.0
chi2	54.23	76.89	51.63	87.18	51.12	77.64
risk	1485337	1167516	1485337	1167516	1485337	1167516

Robust seeform in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Notes: Cox proportional regressions while including the quadratic terms of employees (models 1, 2), age at IPO (3, 4) and revenues (5, 6). The quadratic terms of revenues, assets and age at IPO are not statistically significant.

D- Cox regression stratifying by failure type

Lunn and McNeil (1995) show that by augmenting the data using a duplication method Cox regression can be adapted to take account of different failure types. The procedure that they develop runs Cox regression stratified by type of failure, $\delta = 0$ or 1. In this case the partial likelihood is:

$$\prod_{t_i, \delta_i=0} \left(\frac{e^{b'x_i}}{\sum_{R_i} e^{b'x}} \right) \prod_{t_i, \delta_i=1} \left(\frac{e^{b'x_i + \theta x_i}}{\sum_{R_i} e^{b'x + \theta'x}} \right),$$

treating the survival times of the two types of failure separately. In each case the risk

R_i consists of those firms with the appropriate stratum identifier $\delta = 0$ for the first set

product and $\delta = 1$ for the second.

E- Software sector definition and Robustness checks models.

Software is a complex and pervasive industry which is impossible to clearly define. We choose SIC 737 definition which is the common definition used in the literature (for instance: Mann 2005). SIC 737 (- Computer & Data Processing Services -) software industry definition allows as having a larger scope of software related companies compared with NACE Rev.2 definition. Table 10 show the different number of companies that went public from the 1st January 1997 to 31st December 2005 in Bureau van Dijk's Zephyr database. We observe that the number of software IPOs is larger when considering the SIC737 definition (845 IPO) compared with the NACE Rev.2 definition (772 IPO). Most of the companies which are not considered as software companies in the NACE Rev.2 definition are internet related services companies (80.9%) introduced between 1997 and 2000 (73.3%).

Table 10. Number of software IPOs with different software definitions

IPO year	SECTOR DEFINITION (all codes)	
	NACE2REV.	SIC737
	Number of deals	Number of deals
1997	29	29
1998	84	89
1999	164	183
2000	276	308
2001	56	59
2002	18	19
2003	10	10
2004	55	61
2005	80	87
Total	772	845

Considering only companies with available information concerning pre-IPO characteristics, our sample is composed of 578 newly-listed software firms with SIC737 definition and 515 newly-listed software firms with the NACE Rev 2 definition. As robustness checks, we perform a competing risks regression through fitting models separately for each type of failure as before and we introduce 6 dummy variables related to the company's principal and secondary major software segments using Fourth-Digit NACE Rev 2 codes. Table 11 lists the major sector classification used in the analysis.

Table 11. Software Industry activity NACE Rev 2 distribution and variable codification

Class	NACE2REV.	N. of firms
58.20	Software publishing	40
62.01	Computer programming activities	207
62.02	Computer consultancy activities	73
62.09	Other information technology and computer service activities	159
63.11	Data processing, hosting and related activities	10
63.12	Web portals	26
Total		515

Table 12 shows the result of a stratified Cox estimation while considering heterogeneity in terms of risk across countries, firm size (small company or not) and patenting (at least one patent application) as performed before but with the NACE

Rev 2 software definition. Results show that when considering changes in the software definition additional patent applications before an IPO reduce the risk of exiting by acquisition while the quality of the patent portfolio increases the attractiveness of a European software company as an acquisition target. In contrast, additional patent applications before an IPO reduce the risk of exiting by failure but the quality of the patents was not significant for business failure.

Table 12. Results from a stratified Cox PH regression with NACE Rev 2 software definition

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)
	Days to exit ACQUIRED	Days to exit FAILURE	Days to exit ACQUIRED	Days to exit FAILURE
PATENTAPPLIED	0.944* (0.0315)	0.452* (0.199)	0.945* (0.0320)	0.450* (0.199)
SHARE OF PATENTS OBTAINED	1.332 (0.584)	1.862 (1.644)	1.318 (0.577)	2.067 (1.802)
FORWARD CITATIONS	1.007*** (0.00229)	0.799 (0.121)	1.007*** (0.00230)	0.793 (0.124)
INTERNATIONAL APPL (PCT)	0.903 (0.109)	1.535 (1.015)	0.902 (0.109)	1.642 (1.119)
EQUITY RATIO	1.008 (0.0278)	0.999** (0.000393)	1.008 (0.0280)	0.999* (0.000400)
NEGATIVE EQUITY RATIO	2.095** (0.638)	0.662 (0.352)	2.081** (0.637)	0.713 (0.384)
RETURN ON SALES RATIO	1.001 (0.00110)	1.003 (0.00583)	1.001 (0.00112)	1.003 (0.00570)
POSITIVE RETURN ON SALES RATIO	0.805 (0.125)	0.548** (0.157)	0.805 (0.125)	0.539** (0.151)
LOG (REVENUES)	0.890** (0.0454)	0.934 (0.0937)	0.893** (0.0466)	0.940 (0.0951)
LOG (ASSETS)	1.096 (0.0636)	0.843 (0.0963)	1.092 (0.0643)	0.837 (0.0992)
EMPLOYEES	0.999 (6.25e-05)	0.999 (0.000266)	0.999 (6.09e-05)	0.999 (0.000641)
AGE AT IPO	0.984* (0.00947)	0.929*** (0.0239)	0.989 (0.0122)	0.909** (0.0360)
SC			1.033 (0.242)	0.477 (0.243)
YC			1.101 (0.223)	0.735 (0.321)
VENTURE BACKED	1.056 (0.256)	1.146 (0.376)	1.065 (0.260)	1.095 (0.379)
Burst	0.625 (0.197)	0.727 (0.226)	0.622 (0.197)	0.749 (0.241)
Recovery	1.035 (0.272)	0.841 (0.312)	1.041 (0.274)	0.811 (0.309)
62.01 - Computer programming activities	1.636 (0.533)	1.361 (0.763)	1.664 (0.547)	1.191 (0.692)
62.02 - Computer consultancy activities	1.470 (0.511)	1.293 (0.804)	1.493 (0.520)	1.160 (0.734)
62.09 - Other information technology and computer service acti	1.464 (0.492)	1.828 (1.056)	1.482 (0.502)	1.609 (0.963)
63.11 - Data processing, hosting and related activities	1.184 (0.643)	0*** (0)	1.190 (0.647)	0*** (0)
63.12 - Web portals	1.541 (0.585)	0.661 (0.641)	1.530 (0.582)	0.647 (0.616)
Firms	441	307	441	307
Exits	208	74	208	74
Log likelihood	-612.1	-215.3	-612.0	-214.3
Wald chi2	46.75	3201	47.20	2350
Time at risk	1353950	1353950	1.354e+06	1063396

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Table des Figures, Tableaux et Encadrés

Figures

Figure 1. L'architecture logicielle.....	37
Figure 2. Les sources des rendements croissants d'adoption (RCA) sur la base de Foray (1989).....	41
Figure 3. La diversité des intervenants dans l'offre.....	53
Figure 4. Le logiciel au cœur de la convergence digitale	56
Figure 5. Changement technologique par vagues d'innovation et émergence de nouveaux acteurs aux Etats-Unis (1950-2000).....	67
Figure 6. La part des pays dans les entreprises de plus de 250 salariés du secteur C72 en 2007	70
Figure 7. Poids des dix plus grands acteurs dans les marchés d'édition et SSII (en valeur du chiffre d'affaire) en 2007	71
Figure 8. Dépenses en R&D dans la production de logiciels (Milliards USD en PPA à prix courants).....	72
Figure 9. Dépenses en R&D dans le secteur des services informatiques et du logiciel (Milliards USD en PPA à prix courants) en 2006.....	73
Figure 10. Intensité de la R&D (DIRDE) fondée sur la Valeur Ajoutée du secteur en 2007	74
Figure 11. Exportations et Importations des biens logiciels des pays de l'OCDE en 2006 (USD millions).....	75
Figure 12. Solde commercial, biens logiciels, 2006.	76
Figure 13. La stratégie de développement industriel irlandaise	77
Figure 14. Nombre de personnes employées dans l'ensemble des activités « logiciels et services informatiques » en Europe	80
Figure 15. Distribution de l'ensemble des activités « logiciels et services informatiques » en Europe.....	80
Figure 16. Part de la valeur ajoutée du secteur C72 selon les pays en 2007 (OCDE).	81
Figure 17. Parts du marché des entreprises selon le chiffre d'affaires en France en 2005.....	83
Figure 18. Tendance du copyright des 15 principaux éditeurs des logiciels (en 1997), moyenne mobile d'ordre 3, entre 1988-1996 (<i>Droits d'auteur enregistrés par 100 \$ de R&D 1992 \$</i>).....	100
Figure 19. Tendance du brevet des 15 principaux éditeurs des logiciels (en 1997), moyenne mobile d'ordre 3, entre 1988-1996 (<i>Brevets par 100 \$ de R & D 1992\$</i>)	100
Figure 20. Nombre des brevets logiciels accordés aux Etats-Unis entre 1976-1997.....	101
Figure 21. Facteurs liés à la diversité du capital-risque et à son impact sur la performance des secteurs.....	115
Figure 22. La dynamique du financement par capital-risque des firmes du logiciel par ronde de financement aux Etats-Unis.	116
Figure 23. Nombre d'introduction en bourse et fusions-acquisitions des firmes du logiciel américaines financées par capital-risque.....	118
Figure 24. Nombre de d'introductions en bourse des firmes du logiciel aux Etats-Unis.....	121
Figure 25. Fusions-acquisitions de l'industrie américaine de logiciels (1982-2009)	123
Figure 26. Part du capital risqué dédié aux secteurs de haute technologie (% du total des investissements en capital-risque).....	125
Figure 27. Investissements du capital-risque dans l'informatique comme % de l'investissement en TICs et % de l'investissement total en 2006	126
Figure 28. Distribution des introductions en bourse des firmes du logiciel en Europe.	128
Figure 29. Dynamique après l'introduction en bourse de firmes du logiciel européennes ..	130
Figure 30. Système sociaux d'innovation et production.....	145

Figure 31. Principales transformations consolidant l'émergence d'une puissante complémentarité institutionnelle aux Etats-Unis	148
Figure 32. Appropriabilité et financement dans l'industrie du logiciel : caractéristiques et contours.....	152
Figure 33. Changement technologique par vagues d'innovation et émergence de nouveaux acteurs aux Etats-Unis (1950-2000).....	154
Figure 34. Pourcentage des start-up qui possèdent des brevets au moment de l'IPO entre 2000-2009	161
Figure 35. Fonctionnement d'un moteur de recherche	349
Figure 36. Chiffre d'affaire de Microsoft entre 2002 et 2008.....	357

Tableaux

Tableau 1. Le système d'exploitation sur PC aux Etats-Unis et en Europe en 2012.....	38
Tableau 2 Les estimations de l'effort global en R&D logicielle	57
Tableau 3. Distribution des 200 plus grandes firmes du logiciel en Europe selon leur nationalité.....	77
Tableau 4. Nombre de firmes par classe de taille en 2007 (ISIC 73 activités informatiques et activités rattachées).....	82
Tableau 5. Pourcentage des firmes par classe de taille en 2007 (ISIC 73 activités informatiques et activités rattachées en Europe et aux Etats-Unis).	83
Tableau 6. Puissance de la dépense en R&D	84
Tableau 7. Chiffres clés des 3 principales firmes européennes entre 2005-2011	85
Tableau 8. Investissement en R&D des 15 principales firmes américaines et européennes en 2009 (SIC 9537).....	87
Tableau 9. Caractéristiques principales des firmes du logiciel introduites entre 2000 et 2009 aux Etats-Unis et en Europe.....	128
Tableau 10. Nombre des firmes du logiciel cotées en bourse parmi les 100 plus grandes acteurs en Europe.....	129
Tableau 11. Les institutions comme systèmes : analyse du brevet et les structures financières	135
Tableau 12. Une taxonomie des principales composantes d'une économie institutionnelle	137
Tableau 13. Trois institutionnalismes	138
Tableau 14. Les Différentes conceptions des systèmes, centrés par l'innovation ou non ...	146
Tableau 15. Finance et Innovation dans les SSIP d'Amable, Barré, Boyer (1997).....	149
Tableau 16. Caractéristiques des firmes du logiciel supportées par capital-risque ou pas aux Etats-Unis et en Europe	159
Tableau 17. Fusions-acquisitions des firmes européennes du logiciel (pays acquéreur et ciblé)	167
Tableau 18. Caractéristiques du portefeuille des brevets des firmes acquises.....	237
Tableau 19. Commerce international des biens logiciels dans l'OCDE : vision d'ensemble	319
Tableau 20. Importations et exportations des services informatiques et d'information : vision d'ensemble.	320
Tableau 21. Positionnement des différents acteurs en matière de moteurs de recherche ...	351
Tableau 22. Business Modèles Hétérogènes.....	353
Tableau 23. Lignes des produits et sources de revenu de Microsoft et Google.....	356
Tableau 24. Classement des 100 principales firmes du logiciel en Europe en 2011	360

Table des matières

Introduction générale	7
Partie 1	27
La complexité de l'industrie du logiciel et le rôle des institutions dans la structuration du secteur	27
Chapitre 1	31
Les enjeux stratégiques de l'industrie du logiciel et sa complexité	31
Introduction du Chapitre	32
SECTION I Les caractéristiques des biens logiciels et la complexité de l'industrie	34
1. Les caractéristiques des biens logiciels	35
1.1 Les particularités des biens logiciels	35
1.1.1 La complémentarité entre logiciels et composants matériels	36
1.1.2 Les éléments de base de l'architecture logicielle	37
1.2 La complexité technologique du logiciel	39
1.2.1 Le logiciel en tant que technologie de réseau	39
1.2.2 Les enjeux associés au couple diffusion/exclusion du logiciel	43
1.2.3 Structures juridiques et modèles d'innovation	44
2. La complexité et la diversité des industries du logiciel	46
2.1 La complexité de la production et de l'innovation logicielle	46
2.1.1 L'innovation logicielle: un processus cumulatif et collectif	47
2.1.2 L'incertitude du développement logiciel	48
2.1.3 Un rythme soutenu d'innovation et une durée limitée du cycle de vie du produit 50	
2.2 L'hétérogénéité des intervenants dans l'industrie	52
2.2.1 La diversité des intervenants au niveau de l'offre	52
2.2.2 L'hétérogénéité en termes de taille et d'asymétrie de pouvoir des acteurs	54
2.2.3 La convergence entre le secteur de logiciel et les autres technologies.	55
SECTION II - Les différences de physionomie et de performances des industries américaines et européennes	58
1. Les Etats-Unis dominent-ils le secteur ?	59
1.1 La difficulté d'élaboration d'une analyse comparative des industries	59
1.1.1 L'impossible délimitation statistique du secteur du logiciel	59
1.1.2 L'absence de données fiables à l'échelle internationale.	61
1.2 L'origine de l'industrie du logiciel : une histoire non-européenne	62
1.2.1 La prime au premier entrant : « <i>the first mover advantage</i> »	63
1.2.2 La maîtrise du changement technologique	66
1.2.3 La proximité avec les fabricants de composants matériels et d'ordinateurs ..	68
2. L'industrie européenne du logiciel vis-à-vis de l'industrie américaine du logiciel	69
2.1 Les principaux indices de la supériorité compétitive américaine vis-à-vis de l'Europe en matière de logiciel	69
2.1.1 La concentration et la puissance des firmes de plus grande taille	70
2.1.2 L'intensivité de la R&D : un indicateur clé	71
2.1.3 La spécialisation à l'international	75
2.2 Le(s) modèle(s) Européen(s): fragmentation et stratégies de niche	78
2.2.1 Fragmentation, concentration des activités et spécialisation dans les services informatiques	79
2.2.2 L'importance des petites sociétés et des marchés de niche en Europe	82
2.2.3 La difficile émergence de leaders mondiaux	84
Conclusions du chapitre 1	88

Partie 2	173
Les formes des institutions et les performances des firmes du logiciel	173
Chapitre 3	177
Le rôle du brevet dans la réduction des asymétries d'information lors de l'introduction bourse	177
Introduction du chapitre	178
Are patents signals for the IPO market? An EU-US comparison for the software industry	192
1. Introduction	192
2. The role of patents as a signal for investors in high-tech software companies	196
3. Cross-country differences in the value of patents as signals	199
4. Research design and measures	203
5. Econometric model	209
6. Discussion and conclusion	220
Chapitre 4	225
Le rôle du brevet dans la survie des firmes du logiciel	225
Introduction du chapitre	226
Patenting behaviour and the survival of newly-listed European software firms	238
1. Introduction	238
2. Firms' characteristics, innovation and survival of new entrants	241
3. Patents, innovation and acquisition risk	244
4. Data description and empirical strategy	247
5. Empirical Results	256
6. Conclusion and discussion	260
Conclusions de la partie 2	273
Conclusion Générale	277
Bibliographie	289
Annexes	319
Annexes Chapitre 1 et 2	319
A- Les cas de SAP : l'origine du plus grand « succès » logiciel en Europe	321
B- The political strategy for innovation in the European software industry	324
C- Etude de cas sur la complexité des business model des moteurs de recherche	347
Annexes Chapitre 3	361
D- La prise en compte de l'endogénéité et l'utilisation des variables instrumentales.	361
Annexes Chapitre 4	373
E- Tests de robustesse et modèle de Cox stratifié	373
Table des Figures, Tableaux et Encadrés	379
Table des matières	381

Les Droits de Propriété Intellectuelle et les marchés financiers dans la stratégie des firmes du logiciel en Europe et aux Etats-Unis.

Résumé :

Le succès du modèle d'innovation américain pour faire émerger des firmes leaders dans plusieurs domaines a largement influencé de nombreuses transformations réglementaires concernant les Droits de Propriété Intellectuelle (DPI) et le financement par les marchés en Europe. Cette thèse vise à analyser le rôle et l'importance de ces transformations dans l'organisation et la performance des firmes du logiciel. Nous montrons que des multiples mutations réglementaires des DPI ont ouvert la voie à un certain type de brevetabilité « très restreint » du logiciel en Europe. En parallèle, les évolutions dans le domaine financier ont favorisé l'émergence des marchés financiers dont le rôle est de plus en plus déterminant dans la croissance et le développement des jeunes firmes innovantes. De plus, il semblerait que l'usage stratégique du brevet soit complémentaire avec le financement par le marché de firmes du logiciel. Nous étudions cette complémentarité à travers l'analyse de la valeur du brevet en tant que signal pour les investisseurs lors de l'introduction en bourse ainsi que son effet sur la survie des firmes du logiciel après leur cotation. Cette complémentarité expliquerait en partie le recours accru au brevet dans un secteur dans lequel il est très controversé. Elle renvoie à un processus de sélection particulier du système et à l'émergence d'acteurs gagnants et perdants.

Mots-clés: Performance de la firme, brevets, introduction en bourse, capital risque, signal, survie, start-up, complémentarité institutionnelle, industrie du logiciel, innovation.

Intellectual property rights and financial markets in the strategy of software companies in Europe and the United States.

Abstract:

The success of the US innovation model to help start-ups emerge as global leaders has greatly influenced many regulatory changes on Intellectual Property Rights (IPR) and the external finance of firms in Europe. This study aims to analyze the role and importance of these changes in the organization and performance of software firms. We show that multiple regulatory mutations of IPR have paved the way for some kind of “restricted” patentability of software in Europe. In parallel, via changes in financial markets, they play an increasing role in the growth and development of young innovative companies. In addition, it seems that the strategic use of patents is complementary with software firms' access to capital markets. We study this complementarity by analyzing the value of patents as signals for IPO markets and their impact in the likelihood of survival of newly-listed companies. We argue that this complementarity may explain the increased importance of patents in a sector where patents are highly controversial. It refers to a particular market selection process and the appearance of winning and losing actors.

Keywords: Firms performance, Patent Metrics, Initial Public Offering (IPO), Venture Capital, Signals, Survival, Start-ups, Institutional Complementarity

GREThA UMR 5113

Groupe de Recherche en Économie Théorique et Appliquée

Université de Bordeaux – PAC Pessac

16 avenue Léon Duguit – CS 50057 – 33608 PESSAC Cedex